

VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN
ÜBER DEN WIRKUNGSGRAD
CHEMISCHER WURZELKANALAUFBEREITUNGSMITTEL

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Würde
eines Doktors der Zahnheilkunde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Johannes Gutenberg-Universität
zu M a i n z

Herbert Rohlffing

1965

Aus der Konservierenden Abteilung
(Leiter: Prof.Dr.J. Kluczka)
der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund-
und Kieferkrankheiten (Direktor: Prof.Dr.F.Jung)
der Johannes Gutenberg-Universität M a i n z

VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN
ÜBER DEN WIRKUNGSGRAD
CHEMISCHER WURZELKANALAUFBEREITUNGSMITTEL

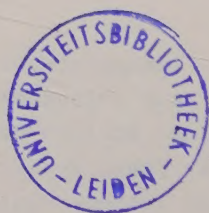
Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Würde
eines Doktors der Zahnheilkunde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Johannes Gutenberg-Universität
zu M a i n z

vorgelegt von
Herbert Rohlfing
aus Gelsenkirchen
M a i n z 1965

Dekan: Prof.Dr.G. Korting

Referent: Prof.Dr.J. Kluczka

Tag der mündlichen Prüfung: 13.12.1965



Inhaltsverzeichnis

I. Einleitung

II. Aufgaben

1) Aufgabenstellung

2) Aufgabenstellung

a) die Aufgabenstellung

b) die Aufgabenstellung der Aufgaben

Meinen lieben Eltern

gewidmet

1) Aufgabenstellung

2) Aufgabenstellung der Aufgabenstellung

3) Aufgabenstellung

4) Aufgabenstellung der Aufgabenstellung

5) Aufgabenstellung der Aufgabenstellung

6) Aufgabenstellung

Teil 1 - 1111

7) Aufgabenstellung der Aufgabenstellung

III. Ergebnisse

IV. Zusammenfassung

V. Literaturverzeichnis

Bibliographie

Bibliographie

Inhaltsverzeichnis

I.	Einleitung	
II.	Literatur	Seite 2
	1) Allgemeiner Teil	
	2) Spezieller Teil	9
	a) das Chelatphänomen	
	b) Wirkungsweise der Chelatoren	
III.	Eigene Untersuchungen	
	1) Versuchsanordnung	13
	2) Herstellung der Schliffpräparate	15
	3) Härtemeßverfahren	17
	4) Der Kleinhärteprüfer Durimet	18
	5) Ausführung der Härtemessungen	22
	6) Ergebnisse	25
	Tabelle I - XXIII	
	7) Statistische Auswertung der Ergebnisse	50
IV.	Diskussion	65
V.	Zusammenfassung	68
VI.	Literaturverzeichnis	70
	Danksagung	73
	Lebenslauf	74

I. Einleitung

Eine für den Organismus ungefährliche Wurzelbehandlung ist seit Jahrzehnten trotz stetigen Bemühens der Wissenschaft eines der Hauptprobleme der konservierenden Zahnheilkunde. Unsere Aufgabe bei der Wurzelbehandlung besteht darin, die Zähne möglichst lange funktionstüchtig und schmerzfrei zu erhalten und der Gefahr eines Auftretens von Entzündungen am Parodontium entgegenzuwirken, die örtliche und eventuell allgemeine Folgeerscheinungen nach sich ziehen können. Um überhaupt Erfolge durch Wurzelfüllungen, die heute in Bezug auf Antisepsis und Sterilität alle Forderungen erfüllen, erzielen zu können, dürfen nicht die längst als unbedingt notwendig angesehenen Grundsätze, nämlich die genügende Aufbereitung des Wurzelkanals mißachtet werden. Unter Aufbereitung verstehen wir die möglichst vollständige Entfernung des Wurzelkanalinhaltes und die Schaffung einer genügenden Durchgängigkeit der Kanäle mit Abtragung und Glättung des Kanalwanddentins. Hierzu stehen uns bekanntlich zwei Methoden zur Verfügung, die mechanische und die chemische, die meistens kombiniert angewandt werden. Beide Methoden haben ihre Anhänger und Gegner, deren Ansichten zu allen Zeiten stark auseinandergingen.

Die Schwierigkeiten für eine exakte Aufbereitung der Wurzelkanäle sind folgende:

- 1) die oftmals schwere Zugänglichkeit des Wurzelkanals,
- 2) abnorme Wurzelkrümmung,
- 3) Verzweigung des Wurzelkanals am Foramen apicale,
- 4) das Vorhandensein von anorganischen Bestandteilen (Dentikel) im Kanal,
- 5) das Hängenbleiben von Gewebeteilen an der Kanalwand bei Exstirpation der Pulpa.

Auf dem Gebiete der mechanischen Aufbereitungsinstrumente wie Reibahlen, Raspeln, Feilen und Bohrer, dürften wohl keine umwälzenden Neuerungen mehr zu erwarten sein. Anders ist es jedoch auf dem Gebiete der chemischen Aufbereitung, denn, obwohl in der Zahnheilkunde schon seit Jahrhunderten chemische Substanzen zur Aufbereitung von Wurzelkanälen benutzt werden, sind die Ergebnisse nicht in jeder Hinsicht zufriedenstellend.

Aus dieser Überlegung heraus haben wir es uns zur Aufgabe gestellt, die Wirkung einiger chemischer Aufbereitungsmittel, die auf dem neuesten Stand der Wissenschaft stehen, zu prüfen und ihre Anwendbarkeit bei der Erweiterung von Wurzelkanälen zu untersuchen. Es sind dies der organische Chelator "EDTAC - Nygaard Östby", das auf organischen Säuren aufgebaute "Verifix - M.Woelm" und das Dinatriumsalz der EDTA "Calcinase - Lege Artis".

II. Literatur

1) Allgemeiner Teil.

Bis in die Mitte des 13. Jahrhunderts reichen die Anfänge der Säuretherapie zurück; man verwandte damals unter dem Namen "aqua ardens" Scheidewasser zum Ausätzen der Zähne. Um das Jahr 1620 benutzte Fabricius ab Aquapendente, die Schwefelsäure zum Reinigen tief kariöser Zahnhöhlen. Wenige Jahrzehnte später um 1650 warnte Cornelis van Solingen vor dem Gebrauch des Oleum vitrioli, da dieses nur die Zerstörung des Zahnes bewirke. Zu dieser Zeit gab es also auch schon Gegner der Säuretherapie.

Mit der Einführung der antiseptischen Behandlungsmethode durch Adolf Witzel in der Mitte des 19. Jahr-

hundreds macht sich das Bedürfnis nach einer rationalen Wurzelkanalerweiterung geltend. Zunächst herrschte das rein mechanische Prinzip vor, bis im Jahre 1894 Callahan sein Schwefelsäureverfahren bekannt gab. Die Säure sollte den Kanal erweitern, den organischen Inhalt herausschaffen und die darauffolgende Wurzelfüllung erleichtern. Von Murr wurde 1898 die Milchsäure zur Wurzelkanalerweiterung empfohlen. Diese sollte ebenso rasch und sicher wirken wie die Schwefelsäure. 1900 verwandte Hays als erster in Amerika das aus drei Teilen HCl und einem Teil HNO₃ bestehende Königswasser, welches 1902 in Deutschland von Bönnecken eingeführt wurde. Seiner Meinung nach hat es drei günstige Eigenschaften:

- 1) Es habe vor der Schwefelsäure den Vorteil, die Kanalwände stark zu bleichen, so daß die Kanaleingänge als schneeweiße Punkte sichtbar werden.
- 2) Auch werden die Nadeln, Feilen usw. nicht so stark angegriffen wie von der Schwefelsäure.
- 3) Königswasser devitalisiere die am Foramen apicale oder in engen Kanälen etwa zurückgebliebenen lebenden Pulparesten und verhindere dadurch das Auftreten von periodontischen Reizerscheinungen nach der Wurzelbehandlung.

Bönnecken erklärt die Wirkung des Königswassers folgendermaßen: Durch Zusammenwirken der beiden Komponenten Salzsäure und Salpetersäure entsteht Nitrozylchlorid. Dieses zerfällt bei der Berührung mit organischen Massen in Stickstoffoxyd NO und Chlor. Letzteres bleicht die Kanalwände und ist gleichzeitig ein kräftiges Antiseptikum.



Walkhoff behauptet in seinem Lehrbuch, daß Königswasser die organischen und anorganischen Massen außer-

ordentlich schnell zerstört und tief in das anliegende Zahnbeingewebe eindringt. Er fordert, unbedingt eine Neutralisation, für welche er das Natriumsuperoxyd am geeignetesten hält. Walkhoff selbst benutzt die 50 %ige Schwefelsäure. Hierbei will er keine Reizerscheinungen festgestellt haben und hält auch eine nachträgliche Neutralisation der eingeführten Säure nicht für notwendig. Er behauptet, mit ihr in den meisten Fällen zum Ziele zu kommen. Sollte dies nicht in einer Sitzung möglich sein, so macht er eine Einlage mit einer geringen Menge Säure für 24 Stunden.

Preiswerck tritt vor allem für die Salzsäure ein. Er benutzt eine 50 %ige Lösung, d.h. Säure und Wasser zu gleichen Teilen. Wie er in seinem Lehrbuch darstellt, will er damit die Wurzelkanäle auf das Doppelte erweitern können.

Wenn nun auch einerseits die Säurebehandlung der Wurzelkanäle eine große Anzahl Fürsprecher gefunden hat, so dürfen wir andererseits nicht die Gefahren verkennen, die mit ihr verknüpft sind. Als solche sind zu nennen:

- 1) Verätzungen der Mundschleimhaut bei ungünstiger Kavitätenlage,
- 2) Periapikale Reizungen,
- 3) Schwächung der ganzen Zahnschubstanz bei zu intensivem Gebrauch,
- 4) Schädigung anderer Medikamente.

Rohrer nennt als schädigende Nebenwirkung der Säuren vor allen Dingen die Hämolyse. Eine intensive Tiefenwirkung der Salzsäure ist seiner Meinung nach nicht möglich; denn da, wo organisches Gewebe mit der Säure in Berührung tritt, findet sofort eine Koagulation des Gewebes statt. Rohrer stellt sich hiermit in Gegensatz zu Elander, der von der Salzsäure eine Fernsterilisierung des Wurzelspitzengebietes erwartet. Die Versuche

Rohrers mit H_2SO_4 ergaben dieselben Befunde wie bei der Salzsäure, nur daß bei ersterer die Verschorfung noch intensiver war, woraus er schließt, daß sie stärker koagulierend wirkt. Seine Ergebnisse mit Königswasser ähneln im makroskopischen Befunde denen der Salzsäurepräparate, jedoch fand sich hier eine geringe Hämatombildung.

Elander und Heinemann teilen die Meinung, daß es unschädlich ist, wenn die Säure bis in die Alveole eindringt. Bei einem Durchdringen von Säure über das Foramen apicale wollen sie niemals schädliche Folgen beobachtet haben. Elander versuchte absichtlich, ein geringes Quantum Säure über die Wurzelspitze hinauszubringen; er hält dieses für förderlich, weil dadurch die äußere Spitze und die hier gelegene Wurzelhautpartie desinfiziert werden. Auch die Neutralisation verwirft er, weil dadurch nur ein Salzlager an der Kanalwand erzeugt wird, das die spätere Wurzelfüllung beeinträchtigt.

Von großem Interesse ist bei der chemischen Wurzelkanaufbereitung die Frage über die Diffusion der Säuren im Dentin. Aus den Arbeiten von Hermann, Sommer, Bauchwitz und Kranz geht hervor, daß das Dentin für kristalloide Substanzen mit Bestimmtheit durchlässig ist, für kolloide ist es fraglich. Demnach ist das Zahnbein ein durchaus poröses Gebilde, welches sich in Bezug auf Diffusion und andere physikalische Vorgänge genau so verhält wie andere tierische Membranen. Jede Oberfläche ist Sitz einer bestimmten Oberflächenspannung, die durch die anziehenden Kräfte der umliegenden Teilchen bewirkt wird. Je größer die Gesamtoberfläche eines Stoffes ist, umso größer sind auch die Anziehungskräfte, die zur Geltung kommen, wenn er mit einem anderen absorbierbaren Stoff zusammen kommt. Diese physikalische Regel wird von den oben genannten Autoren auf das Dentin, bei dem durch die ungeheure Zahl der

Dentinröhrchen - auf 1 mm² kommen nach Römer 31 500 Dentinkanälchen - außerdem noch eine enorme Vergrößerung der Oberfläche stattfindet, übertragen. Hinzu tritt noch die große Oberfläche des protoplasmatischen Inhaltes der Dentinkanälchen, der infolge des Pulpentodes zerfällt. Auch der Grundsubstanz, die aus einem kolloidalen Gerüst mit eingelagerten Kalksalzen besteht und die sich Sommer von einer unendlichen Zahl ultramikroskopischer, kapillärer Räume und Spalten durchsetzt denkt, schreibt er starke Adsorptionskräfte zu. Da nach Sommers Ansicht von den im Wurzelkanal eingelagerten Medikamenten nur ein ganz geringer Teil durch das Foramen apicale dringt und der größere Teil in das Zahnbein entweicht, teilt er nicht die Bedenken, die von Rebel und Fischer gegen die Verwendung stark konzentrierter Medikamente laut geworden sind.

Es wäre nun sehr interessant, inwieweit die eben erwähnten physikalischen Vorgänge für die Wirkung der Säuren auf Dentin gelten. Hinzu tritt einerseits die große Affinität der Säuren zum Dentin, andererseits wirken aber die organischen Bestandteile des Dentins hindernd auf die Diffusion der Säuren. Ohne Zweifel wird die Erweiterung der Wurzelkanäle mit Säuren zum nicht geringen Teil von dem Krankheitszustand des betreffenden Zahnes abhängen. Ist die Pulpa eben erst frisch extrahiert, so kann infolge des mit dem protoplasmatischen Dentinkanälcheninhalt gebildeten Eiweißkoagulums die Säure nicht tief in das Dentin eindringen. Anders ist es bei einem Zahn mit gangränös zerfallener Pulpa; hier ist der Eiweißgehalt des Dentins bereits zerstört, wodurch die anorganische Grundsubstanz wahrscheinlich leichter angegriffen werden kann. Ob dann aber überhaupt die Säure als solche tief eindringt, ist vor allem insofern fraglich, weil die mit

Kalksalzen in Berührung gekommenen Moleküle sofort zerstört werden. Bruy prüfte in seiner Arbeit sowohl die metall-lösende als auch die knochenlösende Wirkung einiger anorganischer Säuren. Er wählte den Knochen als Gegenstand seiner Untersuchungen. Er glaubte sich hierzu berechtigt, da nach den Befunden von Ofter und Bertz Knochen und Dentin fast die gleiche Zusammensetzung haben.

<u>Knochenanalyse n.Ofter</u>	<u>Dentinanalyse n.Bertz</u>
29,63 % org. Substanz	29,15 % org. Substanz
53,02 % Kalk	38,18 % Kalk
1,14 % Magnesium	1,51 % Magnesium
32,4 % Phosphorsäure-anhydrid	30,24 % Phosphorsäure-anhydrid
0,53 % ätherische Substanzen	0,47 % Fluor

Trotz dieser Ähnlichkeit ergaben aber seine Probeversuche, bezogen auf den Gewichtsverlust nach 20-stündiger Einwirkung von Schwefelsäure, normalem und umgekehrtem Königswasser eine stärkere Entkalkung des Dentins. Weitere Untersuchungen führte er noch mit Salpetersäure, Salzsäure und Phosphorsäure durch, die aber nicht die Wirksamkeit des konzentrierten umgekehrten Königswassers erreichten.

Montigny prüfte die Bruy'schen Resultate nach. Auch er hält das konzentrierte umgekehrte Königswasser für das wirksamste Erweiterungsmittel. Es hat nur den Nachteil, daß es stark lösend auf die Instrumente wirkt und somit deren Bruchgefahr erhöht.

Sintenis führte ebenfalls Serienuntersuchungen über das Dentinlösungsvermögen von Säuren durch, und zwar nicht am Knochen wie Bruy, sondern am Dentin selbst. In Vorversuchen stellte er die optimal wirksamen Konzentrationen von Schwefelsäure, Essigsäure, Milchsäure, Ameisensäure, Salpetersäure, Salzsäure, normalem Königs-

wasser, umgekehrtem Königswasser und alkoholischem umgekehrtem Königswasser fest. Er kommt zu folgenden Ergebnissen:

- 1) Schwefelsäure kommt für eine anorganische Restauflösung im Wurzelkanal überhaupt nicht in Betracht, da sie eine zu geringe lösende Wirkung hat und zuweilen sogar Gewichtszunahme verursacht. Auch für eine organische Restaflösung kommt sie meines Erachtens nicht in Frage, da wir Medikamente besitzen, die bei weit geringerer Gewebsschädigung dasselbe bewirken. Es ist daher zu wünschen, daß die Schwefelsäure endlich aus unserem Arzneischrank verschwindet.
- 2) Essigsäure und Milchsäure können nicht mit den Maxima der übrigen Säuren konkurrieren.
- 3) Die höchste Wirkung der organischen Säuren weist die Ameisensäure auf. Sie steht in ihrer Wirkung der Salpetersäure nur wenig nach.
- 4) Die Salpetersäure wirkt von den anorganischen Säuren am schwächsten dentinlösend.
- 5) Alkoholische umgekehrte Königswasserlösung wirkt infolge ihrer leichten Zersetzbarkeit nur dann stärker als das wässerige umgekehrte Königswasser, wenn sie unmittelbar nach dem Ansetzen gebraucht wird.
- 6) Eine bestimmte Säure als die bestdentinlösende anzusprechen, dürfte wohl kaum möglich sein, da sich bei dem Auflösungsprozeß immer geringe Schwankungen zeigen. Es gleichen sich annähernd in ihrer Wirkung:
50-75 %iges umgekehrtes Königswasser, 30-50 %ige Salzsäure, 60 %iges normales Königswasser und 90 %iges alkoholisches umgekehrtes Königswasser. Die besten Resultate werden meines Erachtens mit

der 30 %igen Salzsäure und dem 50-75 %igen umgekehrten Königswasser erreicht und, wenn es frisch angesetzt wird, mit 90 %igem alkoholischen umgekehrten Königswasser."

2) Spezieller Teil

In neuester Zeit ist ein neues Phänomen in der Zahnheilkunde aufgetaucht, nämlich das Phänomen der Chelation. Die Chelatbindung, auch Metallbindung genannt, ist eine chemische Reaktion, bei der metallorganische Komplexe geschlossener Ringstruktur entstehen. Wandelt sieht in der Chelatbildung den Hauptmechanismus für die Umwandlung anorganischer Stoffe in der Natur. Die metallischen Kationen (Ca^{++} , Na^+ , Fe^{+++} , Mg^{++} , usw.) werden in diesen Ringstrukturen meist durch koordinative Covalenzen an Sauerstoff, Stickstoff oder Schwefel gebunden. Chelatoren gibt es als organische und anorganische Verbindungen; doch sind die wirksamsten die organischen, unter denen die Amine, Hydroxyamine und Hydroxycarbonate hervorzuheben sind. Das Chlorophyll mit seinem Magnesium und das Hämoglobin mit seinem Eisen sind charakteristische Beispiele cyklisch koordinierter Metallkomplexe in der Biologie. Viele analytisch colorimetrische Tests basieren auf der Chelatbindung. Einige organische Chelatoren sind Säuren, andere Basen. Der Aciditäts- bzw. Alkalitätsgrad einer Verbindung jedoch ist unabhängig von seiner Wirksamkeit als Chelator. So kann eine starke Säure bzw. eine starke Base dennoch nur ein schwacher Chelator sein, oder umgekehrt. Das bedeutet, daß der pH-Wert keine Beziehung zur metallkomplexbildenden Fähigkeit der Verbindung hat.

Im Gebiet der Zahngewebe gibt es eine ganze Reihe Chelatoren, die in enger Beziehung zum Kohlehydrat- und Proteinstoffwechsel stehen und etwa ein neutrales pH besitzen. Diese Chelatoren können sowohl dem intermediären

Stoffwechsel des Menschen als auch dem mikrobiologischen Stoffwechsel entstammen. Von den biochemischen Stoffen, die O_2 , N_2 , S oder P enthalten und als Chelatoren wirken können, sind besonders hervorzuheben: Lactat, Tartrat, Salicylat, Gluconat, Citrat, Taurin, Serin, Fette, Nucleinsäuren, Proteine, Aminosäuren, Purine, Pyrimidine, Vitamine und, in Verbindung mit kondensierten Phosphaten, die Triphosphorpyridine, Nucleotide und ATP (Nester). Lebende Zellen und grüne Pflanzen sind in der Lage, Sauerstoff photosynthetisch unter Mitwirkung von Chelatoren herzustellen. Alle in der Nahrung vorkommenden Metalle und Spurenelemente, wie Mg, Ca, Fe, Zn, Co, Cu, usw. besitzen eine große Neigung, solche cyclischen Komplexverbindungen einzugehen. So ist auch die Auflösung und der Transport anorganischer Stoffe aus der Nahrung zu erklären. Die physiologische Knochen- und Zahnresorption bedient sich der Metallkomplexbindung bei dem Löslichmachen des Ca bei neutraler Reaktion. Auch das Kariesbild ist möglicherweise von der Chelation beeinflusst, weil viele organische neutralisierte Säuren (Milchsäure, Glykonsäure, Zitronensäure) als Metallkomplexbildner auftreten.

Der bei uns in der konservierenden Zahnheilkunde verwendete Chelator ist die Äthylendiamintetraessigsäure und ihre Natriumsalze.

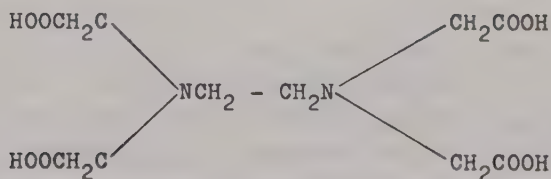


Abb. 1 Strukturformel der Äthylendiamintetraessigsäure.

Die EDTA (ethylene-diamine-tetra-acetic-acid) ist ein in der Natur nicht vorkommender organischer Komplexbildner, der mit metallischen Kationen, besonders mit Ca^{++} und Mg^{++} undissoziierte, wasserlösliche Metallchelate bildet. Die Wirkungsweise der EDTA und ihrer vier Natriumsalze in Abhängigkeit von Konzentration, pH-Wert und Na-Substitution auf feste Zahnschubstanz ist von Nester und Wandelt genauer untersucht worden. Danach liegt die optimale Wirkung in der Gegend des Neutralpunktes. Aus diesem Grunde verhält sich die EDTA chemisch dem organischen Gewebe gegenüber völlig indifferent und führt im apikalen Parodontium zu keinerlei Reizerscheinungen.

Kommt ein Chelator, z.B. das Dinatriumsalz der EDTA, mit einem metallischen Kation, hier Ca^{++} , in Berührung, so läuft folgende chemische Reaktion ab:

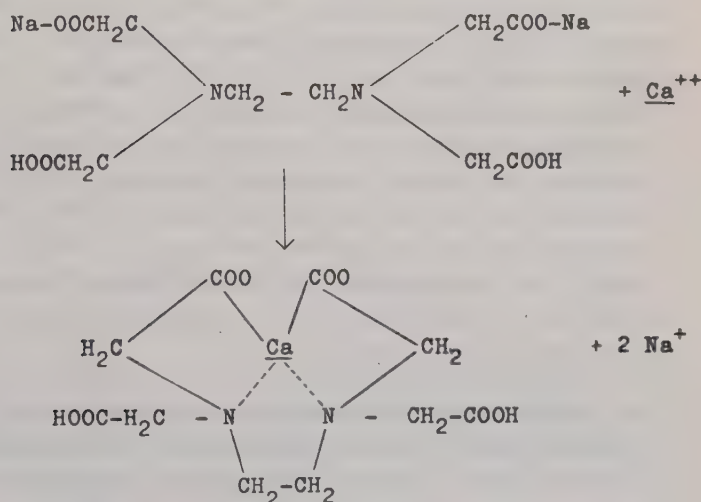


Abb.2 Chelation von Ca durch das Dinatriumsalz der EDTA.

Das Calcium wird an den nichtmetallischen Stickstoff koordinativ gebunden. Es ist ein löslicher, nicht dissoziierter, stabiler Ca-EDTA-Komplex entstanden. Das Calcium-Ion ist, wie aus der Strukturformel ersichtlich, wie von Krebsscheren gepackt inmitten des Moleküls. Daher stammt der Name Chelat- oder Krebsscherenbindung. Diesen Vorgang der Calcium-Bindung hat Wandelt an Hand des Massenwirkungsgesetzes einleuchtend erklärt:

"Wird eine Substanz geringer Löslichkeit, so wie es beim Schmelz der Fall ist, in Wasser getan, so löst sich eine verschwindend geringe, aber immerhin bestimmbare Menge dieser Substanz. Nehmen wir aus didaktischen Gründen an, der Schmelz bestehe hauptsächlich aus $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, so geht eine geringe, aber bestimmte Menge Calciumphosphat in Lösung und dissoziiert zu Ca^{++} und PO_4^{---} , bis sich die Zahnhartsubstanz im Gleichgewicht mit der gesättigten Lösung befindet. Das Produkt der Molarkonzentration der Calcium- und Phosphationen muß gleich einer Konstanten bei gegebener Temperatur sein. Die Konstante K ist somit die Löslichkeitskonstante der Zahnschmelzsubstanz. Wird nun zu dieser Lösung ein Chelator, also EDTA, hinzugegeben, so werden einige Calciumionen durch koordinative Bindung an den Chelator der Lösung entzogen. Die Zahnschmelzsubstanz und die Lösung befinden sich nicht mehr im Gleichgewicht, die Löslichkeitskonstante ist nicht erfüllt.

Das Bestreben zur Wiederherstellung des Gleichgewichtes aber wird neue Calcium- und Phosphationen in Lösung gehen lassen. Dies wird so lange geschehen, bis durch Verschiebung des Gleichgewichtes nach rechts die Löslichkeitskonstante wieder hergestellt ist."

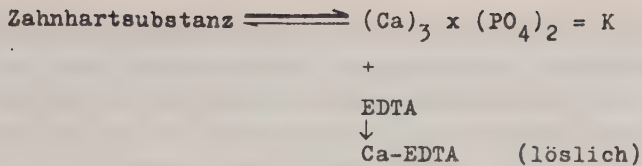


Abb.3 Vorgang der Chelation nach dem MWG.

Dieser Entmineralisationsvorgang hält jedoch nur so lange an, bis die Chelationsfähigkeit der EDTA erschöpft ist, d.h. bis sämtliche EDTA-Moleküle mit dem Ca^{++} einen Komplex gebildet haben. Wird erneut EDTA hinzugegeben, so geht die Entmineralisation weiter, bis auch diese Zugabe von EDTA die Kationen gebunden hat. Andererseits ist es aber nicht möglich, mit Ca-EDTA-Lösung eine Entmineralisation hervorzurufen.

Gegenstand meiner Untersuchungen soll sein, mit Hilfe von Härteprüfungen den Wirkungsgrad der EDTA-NO, des Dinatriumsalzes der EDTA (Calcinase, Fa. Lege Artis) und des auf der organischen Zitronensäure aufgebautem Verifix (Fa. M. Woelm) in Abhängigkeit von Einwirkungsdauer, Alter des Zahnes und verschiedenen Punkten am Zahn objektiv zu messen und zu vergleichen.

III. Eigene Untersuchungen

1) Versuchsanordnung

Der Wirkungsgrad von 3 verschiedenen Substanzen auf das Wurzelkanalentin sollte untersucht werden. Zur Verfügung standen frisch extrahierte Zähne dreier Altersgruppen, und zwar:

bis 25 Jahre	= Gruppe A
25 - 45 Jahre	= Gruppe B
45 Jahre u. älter	= Gruppe C

Dabei handelt es sich um Zähne, deren Kronen unbeschädigt, abradert oder kariös waren, deren Wurzeln aber keinerlei kariöse Schädigungen oder Resorptionserscheinungen aufwiesen. Die Zähne waren bis zu ihrer Verwendung in einer Formalinlösung, um ein Austrocknen oder Verwesen zu verhindern. Die Versuche wurden folgendermaßen durchgeführt: Die Zähne, einwurzelige und mehrwurzelige, wurden mit einem diamantierten Schleifstein trepaniert; nach Pärparation einer genügend großen, übersichtlichen Kavität wurde die Pulpa entfernt und der Wurzelkanal mittels Hedströmfeilen und Rattenschwanzfeilen mechanisch aufbereitet. Sodann wurde mit einer Millernadel und mit einer Hedströmfeile das chemische Aufbereitungsmittel unter schabenden Bewegungen in den Wurzelkanal einsondiert. Der Zahn wurde am Wurzelkanaleingang und am Apex mit einem provisorischen Verschlußmaterial verschlossen und zurück ins feuchte Milieu, in aqua dest., gebracht.

Die Einwirkungsdauer betrug in einer Versuchsreihe 15 Minuten, während die chemische Substanz in einer anderen Versuchsreihe 24 Stunden auf das Wurzelkanalendin einwirken konnte, wozu wir die Versuchsobjekte, um annähernd klinische Bedingungen zu bekommen, mit samt dem aqua dest. in den Brutschrank brachten.

In einem Nebenversuch wurden 16 Zähne mit normalem Königswasser behandelt, um, abgesehen von der Acidität, zu erfahren, ob Unterschiede im Demineralisationsvermögen dieser anorganischen, stark sauren Substanz zu dem der untersuchten organischen Verbindung bestehen.

In Vorversuchen wurden je Altersgruppe bei 10 Zähnen, die nur mechanisch aufbereitet worden waren, Härtemessungen durchgeführt, deren Ergebnisse als Vergleichswerte zu den in den Hauptversuchen gewonnenen

Ergebnissen dienen. Es wurden je Altersgruppe, chemischer Substanz und Einwirkungsdauer 8 - 10 Zähne untersucht. Die Gesamtzahl der behandelten Zähne beträgt 208.

Altersgruppe				
	Zeit	A	B	C
Vorversuche		10	11	11
Calcinase	15	8	8	8
	24	8	8	8
Verifix	15	8	8	8
	24	10	10	8
EDTAC	15	10	10	10
	24	10	10	10
Königs- wasser	15		8	
	24	-	8	-
		64	81	63
				208

Abb.4 Aufstellung der untersuchten Zähne

2) Herstellung der Schliffpräparate

Um den Entmineralisationsgrad zu messen, bedienen wir uns des Pyramidenhärtemeßverfahrens nach Vickers, bei dem eine Diamantpyramide belastet und in den zu prüfenden Werkstoff eingedrückt wird. Auf das Gerät und seine Handhabung wird später noch genauer eingegangen.

Bevor die Härtemessung durchgeführt werden konnte, mußten die Zähne einer langwierigen Vorbereitung unterworfen werden, um ein gut sichtbares Bild und einen ausreichend meßbaren Eindruck zu erhalten. Nach den 15 Minuten bzw. 24 Stunden, in denen das Wurzelkanalentin dem chemischen Aufbereitungsmittel ausgesetzt war, wurden

die Zähne erneut mechanisch aufbereitet, um die abgelösten organischen Massen und eventuell erweichtes Dentin herauszubefördern und um die Kanalwand zu glätten. Nach der Reinigung der Wurzeln von Parodontium- und Schleimhautrückständen wurden die Zähne in Paladur von der Fa. Kulzer, einem bei Zimmertemperatur polymerisierenden Kunststoff, der in eine rechteckige Form gegeben wurde, eingebettet, und zwar so, daß die Hälfte des Zahnes - in der Längsrichtung gesehen - den Kunststoff überragte, so daß beim Herabschleifen dieser Hälfte der Wurzelkanal in seiner ganzen Länge in der Ebene der Kunststoffoberfläche lag. Durch das Einbetten erreichte man einen guten gleichmäßigen Halt für das Untersuchungsobjekt im Härteprüfer und eine bessere Voraussetzung für eine exakte Politur.

Der eingebettete Zahn wurde nun auf einer rotierenden Stahlscheibe mit Siliciumcarbid $\text{SiO}_2 + 3 \text{C} \longrightarrow \text{SiC} + 2 \text{CO}$ der Elektroschmelzwerke Kempten mit einer Korngröße von 320 ca 40 μ und Wasser plangeschliffen, bis der Wurzelkanal in seiner Längsrichtung ganz frei lag. Sodann wurde auf rotierenden Glasscheiben eine Politur hergestellt, bei der nacheinander Pulver mit immer kleineren Korngrößen als Poliermittel dienten. Es begann mit einer Korngröße von 500 ca 20 μ , über 800 ca 4 μ , und 1000 ca 2 μ , und endete schließlich bei 1200 ca 1 μ . Danach wurde der Schliff unter der Lupe betrachtet, um ihn auf saubere, schrammenlose Politur hin zu überprüfen. Der notwendige Hochglanz wurde schließlich auf einer rotierenden Filzscheibe mit Tonerde Nr.2 (Al_2O_3) von 0,5 %, der Dujardin Werke Disseldorf, verdünnt mit aqua dest. gewonnen. Bei all diesen Schleifvorgängen blieb der Zahn immer im Feuchten, so daß die Gefahr einer Austrocknung, und damit einer Härtung des Dentins, nicht bestand.

Nach dieser Vorarbeit konnte die Härte des Wurzelkanalodontins im Kleinhärteprüfer gemessen werden.

3) Härtemeßverfahren

Mit Hilfe des Kleinhärteprüfers "Durimet" der Fa. Leitz, Wetzlar, wurde in dieser Arbeit die Härte des Wurzelkanalodontins gemessen. Bei diesem Prüfverfahren wird das Prüfobjekt von einer vierseitigen Diamantpyramide mit verschiedenen Gewichten belastet, so daß ein Eindruck auf der Prüfoberfläche erzeugt wird, der mit einem in den Durimet eingebautem Meßmikroskop optisch ausgewertet wird. Von dem erzeugten Eindruck werden die beiden Diagonalen gemessen und der Mittelwert gebildet. Die Härte nach Vickers kann dann nach folgender Formel errechnet werden:

$$H_v = \frac{1854,4 \times p}{d^2}$$

Hv = Vickershärte in kg/mm²
p = Belastung in g
d = Länge der Eindrucksdiagonalen in µ
1854,4 = konstanter Faktor

Außer der Härteprüfung nach Vickers gibt es noch mehrere andere Verfahren. Die Ritzhärtebestimmung nach Mohs ist eine der ältesten. Die häufigste Anwendung finden die Härteprüfverfahren nach Brinell und Rockwell. Beim Brinell-Verfahren drückt man genormte Stahlkugeln stoßfrei in das zu prüfende Objekt. Von der Prüflast und dem Kugeldurchmesser ist die Größe des entstehenden Eindrucks abhängig. Für die Messung größerer Härte ist das Rockwell-Verfahren geeigneter, bei dem eine Diamantspitze in den Prüfkörper eingedrückt wird.

Zur speziellen Knochenprüfung entwickelte der Berliner Pathologe Rössle eine Kugeldruckmethode.

In unserem Falle schien aber die Härteprüfung mit dem Durimet am geeignetsten, da man mit sehr geringer Prüflast arbeiten kann und die Eindrücke in sehr kleinen Abständen setzen kann, wobei dennoch aber ein genaues Ausmessen möglich ist.

4) Der Kleinhärteprüfer "Durimet"

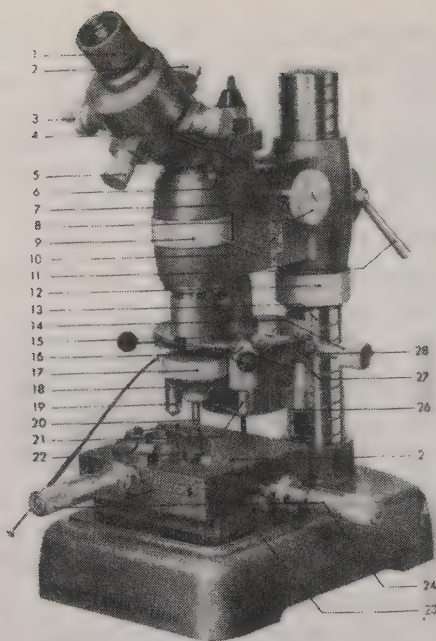
Die Hauptbestandteile des Durimet sind Mikroskop und Härteprüfer, die durch ein Steilgewinde an einer Säule befestigt sind.

Diese Säule und ein Meßtisch, der mit Hilfe zweier Mikrometerschrauben mit einem Meßbereich von je 25 mm in zwei Richtungen horizontal bewegt werden kann, sind an einem Stativ angebracht. Durch einen Grob- und einen Feintrieb kann eine Höhenverstellung des Mikroskopes von 150 mm vorgenommen werden. An dem Mikroskop ist ein Feinmeßokular, ein Suchobjektiv (zehnfache Vergrößerung), das einen Sehfelddurchmesser von 1,8 mm gewährt, und ein Meßobjektiv (vierzigfache Vergrößerung) mit einem Sehfelddurchmesser von 0,45 mm. Das Okular ist um 45° nach vorne geneigt, und kann nach Lösen einer Klemmschraube um seine Achse gedreht werden. Zwei Einstellknöpfe dienen zur Längs- bzw. Querverschiebung des Okulars. Das Subobjektiv, das Meßobjektiv und der Härteprüfer befinden sich an einer schwenkbaren Scheibe, so daß leicht mit Hilfe einer Rastfeder das Wechseln von Diamanten, Übersichts- und Meßobjektiv möglich ist. Als Lichtquelle dient eine abnehmbare Glühlampe von 8 Volt und 0,6 Ampere.

Der Härteprüfer besteht aus einem vierseitigen pyramidenförmigen Diamanten, der einen Flächenöffnungswinkel von 136° hat, aus einem Lasthebel mit einem Auflageteller für ein Gewicht, einer Ölbremse, die ein gleichmäßiges und langsames Eindringen des Diamanten bewirkt, und einem Rändelknopf zum Abheben des Eindringkörpers. Im Augenblick der vollen Belastung schaltet sich die Bremsvorrichtung automatisch ab.

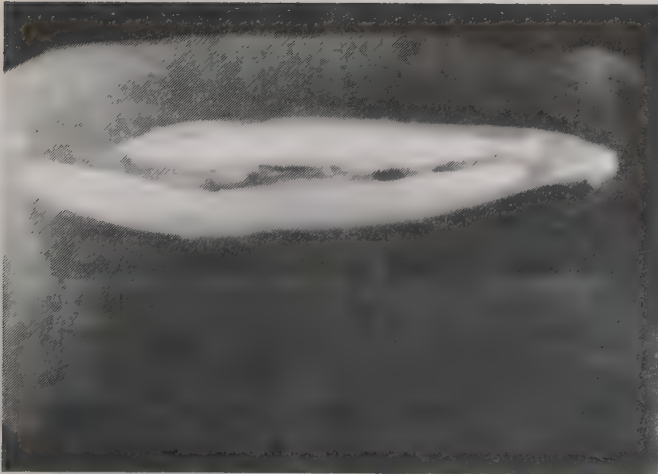
Der gesetzte Eindruck wird ausgemessen mit dem Feinmeßokular, dessen beide Skalen (Einstellskala und Meßskala) im Sehfeld angeordnet sind. Die Einstellskala besteht aus einem Fadenkreuz mit 9 horizontalen, parallelen Strichen, die in einem Abstand von $25\ \mu$ voneinander entfernt sind. Die Meßskala ist in Teilstriche bis zu $0,5\ \mu$ unterteilt, so daß noch Werte bis $0,1\ \mu$ geschätzt werden können.

Vor jeder Reihenprüfung empfiehlt es sich, zuerst einen Probееindruck zu machen, und dann die Mitte des Fadenkreuzes (Kreuzungspunkt des 75μ -Striches mit dem Vertikalstrich) durch Drehen der beiden Einstellknöpfe auf die Mitte des Eindrucks einzustellen. Nun kann man jede beliebige Stelle des Objektes mit einer Treffsicherheit von 2 - 3 μ prüfen.

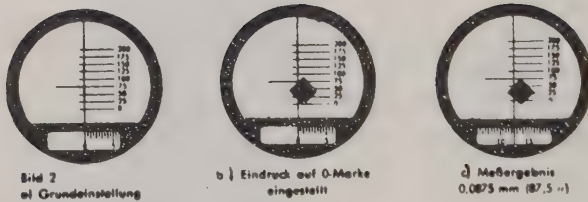


1. Feinmeßokular
2. Klemmschraube des Feinmeßokulars; nach Lösen dieser Klemmschraube kann das Okular um seine Achse gedreht werden.
3. Einstellschraube für die Teilung des Feinmeßokulars.
4. Einstellknopf zur Querverschiebung des Okulars.
5. Einstellknopf zur Längsverschiebung des Okulars.
6. Eingebaute Beleuchtung mit Niedervoltglühlampe 8 V, 0,6 A, abnehmbar.
7. Index für Normaleinstellung des DURIMET.
8. Triebknopf zur Höherherstellung (Grob-einstellung Verstellbereich 40 mm).
9. Feineinstellung (Verstellbereich 14 mm).
10. Orientierungsteilung mit Noniusablesung für die Höheneinstellung.
11. Klemmheben zur Arretierung des DURIMET-Oberteils an der Säule.
12. Rändelmutter zur Höhenverstellung des Oberteils (Verstellbereich) 150 mm.
13. Säule
14. Rändelknopf mit biegsamer Welle zum Anheben des Eindringkörpers.
15. Griffe zum Einschwenken von Objektiv oder Prüf-diamant.
16. Rastfeder für das Wechseln von Übersichts- und Einstellobjektiv sowie des Diamanten.
17. Prüfungsgewicht.
18. Auflageteller für das Prüfungsgewicht.
19. Meßobjektiv (für Vergrößerung 400 x, Sehfeld-durchmesser 0,45 mm).

20. Prüfdiamant.
21. Suchobjektiv (für Vergrößerung 100 x, Sehfelddurchmesser 1,8 mm).
22. Drahtauslöser.
23. Auflagefläche für den Meßtisch.
24. Feinmeßspindeln (Meßbereich 25 mm).
25. Meßtisch.
26. Rändelschraube zum Einstellen der Absenkungsgeschwindigkeit des Diamanten.
27. Deckel der Ölbremse mit Ölloch.
28. Kolbenstange.



Ein in schnellhärtendem Kunststoff eingebetteter Schneidezahn, dessen Wurzelkanal in der Längsrichtung freiliegt.



Einstellskala und Meßskala mit Eindrücken
im Sehfeld angeordnet.

5) Ausführung der Härtemessungen

Vor allen Messungen muß der Kleinhärteprüfer horizontal aufgestellt werden, was mit Hilfe einer angebrachten Dosenlibelle leicht überprüft und eingestellt werden kann. Der polierte in Kunststoff eingebettete Zahn wird in einen Objektschraubstock eingespannt und ebenfalls, da der Schraubstock um 2 Achsen neigbar ist, mit einer Dosenlibelle horizontal eingestellt, damit der Prüfdiamant genau senkrecht in das Objekt eindringen kann und somit Eindrücke mit annähernd gleichem Durchmesser entstehen.

Nach der klaren Einstellung eines Übersichtsbildes wird das Prüfobjekt auf die zu messende Stelle eingestellt. Dann belastet man den Auflageteller mit dem Prüfgewicht. Durch die Betätigung des Drahtauslösers senkt sich die Pyramide in die Prüffläche.

Erschütterungen, die während des Eindringens des Diamanten auftreten, ergeben zu kleine Härtewerte, da der Eindruck vergrößert wird. Als Belastung wählten wir ein Gewicht von 100 g. In Vorversuchen hatten wir damit deutliche, gut ausmeßbare Eindrücke erzielt. 100 g entsprechen auch ungefähr dem Bohrdruck beim Aufbereiten des Wurzelkanals. Mindestens die zehnfache Eindringtiefe des Diamanten muß das zu prüfende Objekt stark sein, um ein genaues Meßergebnis zu erhalten.

Beim Ablesen des Meßergebnisses muß die richtige Einstellung der Skalenstriche an den Eindrucksdiagonalen beachtet werden, um zu große Fehlerquellen zu vermeiden. Bei genauer Durchführung des Meßvorganges ergibt sich die Meßgenauigkeit bei kleinen Eindrücken aus dem Auflösungsvermögen der Optik und dem davon abhängigen kleinsten, unvermeidlichen Einstellfehler, der von der Fa. Leitz mit $\pm 0,2 \mu$ berechnet wurde. Hat ein Eindruck eine Diagonallänge von 10μ , so bedeutet das $\pm 2 \%$ Fehler in der Diagonalen. Der Fehler verdoppelt sich noch in der Härte, da die Diagonalen bei der Härteberechnung ins Quadrat erhoben werden. Wie man hieraus ersehen kann, verringert sich mit zunehmender Größe der Diagonalen der Einfluß des Ablesefehlers, so daß die Fehlergrenze bei Eindrucksdiagonalen oberhalb 25μ bei $\pm 2-3 \%$ in der Härte liegt.

Die Meßpunkte bei unseren Versuchen lagen an folgenden Orten des Zahnes:

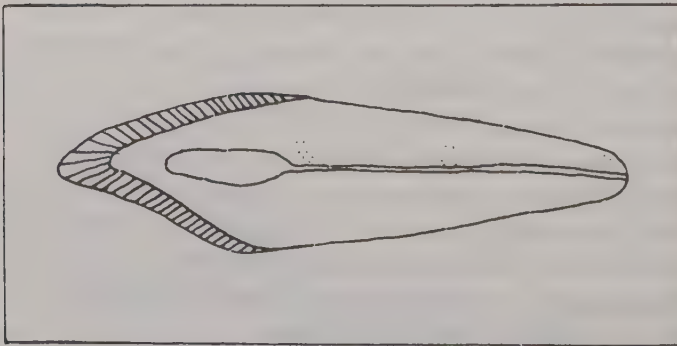
1) am Wurzelkanaleingang

im Abstand von 50μ , 100μ , 200μ , 500μ vom Wurzelkanal entfernt. (Die Zone bis 50μ von

der Pulpa entfernt bezeichnen wir als Wurzelkanalwand; alles, was bis 600 μ von der Pulpa entfernt ist, nennen wir Dentinmantelzone.)

Diese 4 Messungen am Eingang des Wurzelkanals wurden je zweimal durchgeführt, so daß wir bei jedem Zahn an diesem Ort auf eine Gesamtzahl von mindestens 8 Messungen kamen.

- 2) an der Mitte des Wurzelkanals
im Abstand von 50 μ , 100 μ , 200 μ , 500 μ
ebenfalls je zweimal.
- 3) in der Apexgegend des Wurzelkanals ca. 1-3 mm
von der Wurzelspitze entfernt
im Abstand von 50 μ , 100 μ , 200 μ , 500 μ
je zweimal.



Schematische Darstellung des eingebetteten Zahnes mit eingezeichneten Messstellen.

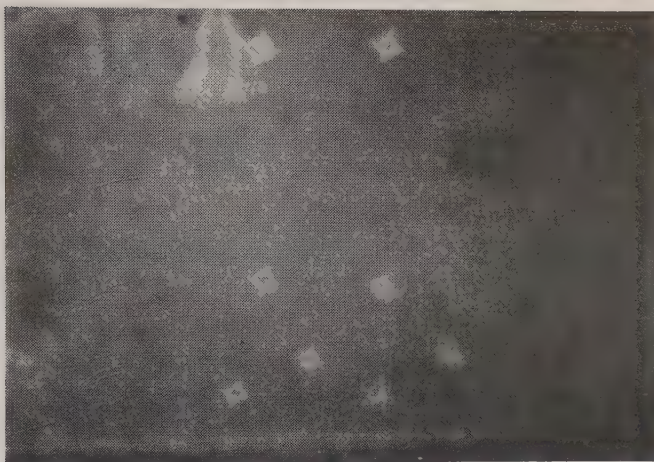


Abbildung eines Komplexes von 8 Eindrücken
im Dentin. (Am unteren Rand des Bildes ist
die Grenze zwischen Dentin und Wurzelkanal
zu sehen).

6) Ergebnisse

Auf den folgenden Seiten sind in Tabellen die Meßergebnisse zusammengefaßt. Für jede Altersgruppe der Leerversuche, für jedes Medikament, für jede Einwirkungszeit und Altersgruppe, ist eine Tabelle angelegt. Die in einem Nebenversuch mit Königswasser gewonnenen Ergebnisse sind in Tabelle XXII und XXIII verzeichnet.

Jeder Zahlenwert in den Tabellen ist die Quersumme aus 4 Messungen von 2 Eindrücken. Er gibt die Länge der Diagonalen in μ an. Die Meßwerte sind nicht umgerechnet in Vickers-Härtegraden angegeben. Wir

hielten die Umrechnung mit der Formel $H_v = \frac{1854,4 \times p}{d^2}$

nicht für unbedingt erforderlich, da man aus den gemessenen μ - Werten genau so gut die Härte und ihre Unterschiede ablesen kann. Absolute Härtewerte interessieren uns in dieser Arbeit nicht, sondern, da es vergleichende Untersuchungen waren, nur das Herausfinden und Darstellen von Unterschieden und Abweichungen innerhalb und zwischen den Versuchsreihen.

Man muß, da in der genannten Formel d = Durchmesser im Nenner steht, umdenken und beachten, daß die Härte mit steigendem Zahlenwert in den Tabellen abnimmt. Je größer der Wert der Zahl, umso geringer ist die Härte.

Tabelle I

Leerversuche Gruppe C (45 Jahre u. älter) Zahn 1-6, 129-131

Abstand von Pulpa

	50 μ	100 μ	200 μ	500 μ
Wurzelkanal				
- Eingang	56,9; 55,5 59,6; 66,1 53,4; 62,1 61,4; 61,3 $\bar{x} = 59,5$	57,3; 56,1 57,9; 56,7 53,9; 59,4 58,9; 59,2 $\bar{x} = 57,4$	54,1; 52,7 53,2; 54,5 51,2; 56,0 56,5; 55,7 $\bar{x} = 54,2$	48,8; 55,4 49,6; 53,6 51,4; 50,6 52,5; 51,9 $\bar{x} = 51,7$
-Mitte	55,1; 53,3 46,1; 59,2 46,9; 48,1 57,3; 59,4 57,3 $\bar{x} = 53,6$	56,2; 52,6 44,3; 53,2 49,2; 56,0 55,4; 56,4 55,3 $\bar{x} = 53,1$	52,5; 45,4 47,9; 50,6 48,5; 53,0 53,5; 55,0 54,0 $\bar{x} = 51,1$	53,3; 47,5 42,0; 52,8 48,8; 54,0 51,8; 51,9 58,6 $\bar{x} = 51,1$
-Apex	61,3; 58,8 63,0; 56,6 52,6; 59,8 61,5; 55,0 $\bar{x} = 58,5$	60,7; 60,7 64,3; 56,2 52,6; 58,0 62,2; 53,7 $\bar{x} = 58,5$	61,6; 67,9 63,4; 60,4 52,9; 54,6 58,7; 55,6 $\bar{x} = 59,4$	64,4; 68,8 60,4; 51,9 52,6; 75,7 54,9. $\bar{x} = 58,8$

Tabelle II

Leerversuche Gruppe B (25 - 45 Jahre) Zahn 7-12, 125-128, 132

Abstand von Pulpa

	50 μ	100 μ	200 μ	500 μ
Wurzelkanal				
-Eingang	70,0; 64,4 53,6; 56,7 53,8; 57,7 58,7; 57,9 58,2; 58,4 58,6 $\bar{x} = 57,8$	65,7; 59,9 52,6; 54,0 55,1; 55,9 55,5; 56,1 56,7; 56,0 57,3 $\bar{x} = 55,9$	63,6; 58,5 53,2; 49,7 54,0; 55,8 54,1; 54,6 55,9; 55,1 53,9 $\bar{x} = 55,3$	56,7; 48,7 52,3; 46,8 43,8; 47,3 51,9; 52,0 52,3; 52,9 52,3 $\bar{x} = 50,6$
-Mitte	56,4; 58,8 64,1; 54,3 59,5; 58,2 58,3; 59,0 58,4 $\bar{x} = 58,5$	56,0; 56,8 61,7; 53,0 53,3; 56,3 56,7; 56,8 54,8 $\bar{x} = 56,1$	53,0; 54,7 60,1; 53,0 52,5; 55,5 56,6; 55,9 52,5 $\bar{x} = 54,8$	55,0; 54,1 53,1; 46,2 49,0; 53,9 53,7; 53,8 53,0 $\bar{x} = 52,4$
-Apex	56,6; 53,3 53,3; 60,6 52,7; 63,3 58,7; 59,1 69,4 $\bar{x} = 58,5$	55,5; 54,4 52,2; 56,3 51,3; 63,3 56,7; 57,1 58,8 $\bar{x} = 56,1$	53,8; 54,5 50,5; 54,0 47,2; 57,8 61,8; 56,6 57,8 $\bar{x} = 54,8$	55,3; 52,2 56,9; 68,3 47,2; 63,4 62,9; 52,5 54,2 $\bar{x} = 56,9$

Tabelle III

Leerversuche Gruppe A (bis 25 J.) Zahn 13-18, 121-124

Abstand von Pulpa

	50 μ	100 μ	200 μ	500 μ
Wurzelkanal -Eingang	69,7; 76,5 65,8; 62,2 65,3; 61,2 67,2; 63,7 63,6; 63,9 $\bar{x} = 64,7$	59,1; 72,4 62,3; 60,4 62,9; 56,7 64,3; 62,0 61,2; 60,8 $\bar{x} = 61,0$	59,2; 68,2 60,1; 56,2 60,1; 57,2 60,6; 60,6 59,4; 59,0 $\bar{x} = 60,0$	53,7; 55,0 54,9; 50,8 47,3; 53,3 53,8; 54,3 55,1; 53,4 $\bar{x} = 53,2$
-Mitte	56,1; 56,7 68,5; 57,1 58,9; 55,7 55,6; 57,2 56,8; 59,1 $\bar{x} = 57,0$	51,8; 58,3 65,3; 55,5 56,5; 54,5 54,1; 56,2 54,7; 56,3 $\bar{x} = 55,3$	51,4; 56,1 62,5; 54,7 55,8; 55,6 53,4; 54,2 54,3; 54,2 $\bar{x} = 55,2$	51,4; 54,9 53,4; 48,9 49,7; 53,7 51,1; 52,4 50,8; 53,4 $\bar{x} = 52,0$
-Apex	49,0; 57,6 61,8; 61,6 63,1; 62,8 63,6; 61,4 64,3; 63,5 $\bar{x} = 62,1$	50,5; 56,9 60,0; 58,9 60,7; 57,6 60,2; 56,8 61,7; 60,2 $\bar{x} = 58,3$	50,7; 59,4 57,3; 57,5 63,4; 56,2 57,9; 55,5 59,6; 56,7 $\bar{x} = 57,4$	51,3; 67,7 57,5; 55,3 54,5 58,3; 54,2 53,4; 55,5 $\bar{x} = 55,0$

Tabelle IV

"Calcinase" Gruppe C 15. Minuten Zahn 21-28

Abstand von Pulpa

	50 μ	100 μ	200 μ	500 μ
Wurzelkanal -Eingang	68,6; 72,0 69,2; 68,2 69,7; 70,6 67,6; 66,8 $\bar{x} = 69,2$	63,8; 66,3 62,7; 63,1 67,0; 67,7 62,4; 62,7 $\bar{x} = 64,6$	55,1; 61,5 55,8; 55,4 60,0; 58,4 57,8; 53,8 $\bar{x} = 57,4$	44,8; 55,8 47,3; 51,2 55,4; 50,0 53,0; 50,4 $\bar{x} = 50,9$
-Mitte	57,7; 55,5 55,2; 59,6 56,9; 58,3 55,6; 55,2 $\bar{x} = 56,7$	52,6; 54,0 52,8; 53,6 54,9; 54,6 54,8; 53,2 $\bar{x} = 53,8$	50,6; 52,4 51,1; 51,2 54,8; 49,0 53,7; 50,5 $\bar{x} = 51,7$	50,1; 49,8 47,8; 59,1 52,6; 50,9 49,3; 51,2 $\bar{x} = 51,3$
-Apex	61,9; 62,3 64,5; 60,9 58,2; 61,7 59,6; 59,2 $\bar{x} = 60,9$	56,7; 55,5 59,3; 59,6 55,0; 58,3 55,7; 54,7 $\bar{x} = 57,0$	53,5; 51,3 54,6; 56,6 54,6; 54,8 53,3; 50,8 $\bar{x} = 54,0$	63,4; 52,4 52,7; 53,1 53,4; 55,7 52,5; 57,7 $\bar{x} = 55,9$

Tabelle V

"Calcinase" Gruppe B 15 Minuten Zahn 29-36

Abstand von Pulpa

	50 μ	100 μ	200 μ	500 μ
Wurzelkanal	=====	=====	=====	=====
-Eingang	65,0; 70,1	61,9; 64,9	60,8; 61,3	50,8; 47,5
	65,6; 70,8	62,5; 61,9	57,5; 59,8	55,0; 50,6
	64,8; 65,9	58,1; 64,1	57,8; 61,3	53,7; 53,7
	66,0; 66,7	59,0; 63,3	55,9; 56,3	51,7; 55,7
	$\bar{x} = 66,9$	$\bar{x} = 62,0$	$\bar{x} = 58,8$	$\bar{x} = 52,3$
-Mitte	63,7; 63,4	58,5; 61,3	57,8; 53,9	54,2; 51,9
	63,4; 63,0	61,6; 58,6	58,9; 56,0	52,4; 51,5
	64,5; 64,7	62,0; 58,1	60,0; 57,1	55,1; 51,6
	66,8; 65,6	61,6; 62,3	61,2; 60,4	55,1; 53,2
	$\bar{x} = 64,2$	$\bar{x} = 60,2$	$\bar{x} = 57,8$	$\bar{x} = 53,1$
-Apex	63,7; 62,4	60,7; 59,4	63,2; 59,7	59,0; 55,6
	59,3; 61,5	57,7; 58,6	56,8; 58,0	51,9; 56,2
	59,9; 63,2	57,6; 59,0	58,5; 59,3	73,5; 57,4
	63,4; 63,3	60,5; 60,2	61,1; 60,6	62,9; 55,9
	$\bar{x} = 61,9$	$\bar{x} = 59,3$	$\bar{x} = 60,0$	$\bar{x} = 60,6$

Tabelle VI

"Calcinase" Gruppe A 15 Minuten Zahn 37-44

Abstand von Pulpa

	50 μ	100 μ	200 μ	500 μ
Wurzelkanal				
-Eingang	69,0; 69,7 66,4; 70,2 65,8; 67,0 69,9; 64,8 $\bar{x} = 67,8$	64,1; 65,6 61,7; 65,2 60,9; 62,0 63,9; 59,9 $\bar{x} = 62,9$	60,7; 62,7 59,7; 61,1 58,0; 59,4 58,6; 58,4 $\bar{x} = 59,8$	51,3; 58,5 56,4; 55,2 52,1; 52,8 54,6; 55,5 $\bar{x} = 54,5$
-Mitte	63,7; 63,2 65,0; 64,7 63,6; 62,8 66,0; 63,9 $\bar{x} = 64,1$	58,7; 58,0 61,1; 62,1 57,9; 59,2 59,8; 60,1 $\bar{x} = 59,6$	55,5; 55,0 57,6; 58,7 57,1; 56,8 59,5; 57,4 $\bar{x} = 57,2$	53,4; 53,0 51,4; 54,9 56,6; 56,3 54,1; 54,4 $\bar{x} = 54,3$
-Apex	64,4; 63,3 64,0; 62,2 62,6; 64,1 62,9; 62,9 $\bar{x} = 63,2$	62,8; 61,1 61,6; 61,6 61,7; 62,1 62,6; 62,8 $\bar{x} = 62,0$	77,0; 61,1 57,3; 58,2 59,7; 60,2 61,2; 61,1 $\bar{x} = 59,8$	62,3; 63,6 56,2; 58,1 62,5; 58,3 74,9; 60,0 $\bar{x} = 60,0$

Tabelle VII

"Calcinase"

Gruppe C

24 Stunden

Zahn 45-52

Abstand von Pulpa

	50 μ	100 μ	200 μ	500 μ
Wurzelkanal				
-Eingang	73,2; 68,7 74,8; 74,6 73,2; 77,8 65,0; 72,4 $\bar{x} = 72,5$	71,1; 65,5 68,1; 68,8 69,2; 67,4 64,1; 67,4 $\bar{x} = 67,7$	67,4; 63,0 69,2; 66,1 64,4; 65,1 52,5; 61,2 $\bar{x} = 65,2$	53,5; 56,5 54,4; 57,4 49,2; 65,6 53,9; 56,0 $\bar{x} = 55,8$
-Mitte	67,4; 63,7 66,7; 63,9 64,8; 78,2 65,0; 65,2 $\bar{x} = 64,9$	61,3; 62,5 63,6; 61,5 60,9; 69,1 64,0; 63,0 $\bar{x} = 63,5$	59,5; 59,1 60,2; 58,9 54,6; 63,2 60,3; 61,5 $\bar{x} = 59,7$	54,1; 50,2 51,9; 51,6 52,0; 60,8 57,1; 61,1 $\bar{x} = 53,5$
-Apex	67,0; 65,6 67,3; 65,7 65,2; 63,9 64,1; 62,3 $\bar{x} = 65,1$	65,6; 63,1 65,3; 64,6 64,7; 65,2 62,3; 60,8 $\bar{x} = 63,9$	67,8; 57,6 69,5; 70,2 64,3; 66,0 63,7; 58,5 $\bar{x} = 64,7$	65,2; 55,5 60,3; 72,2 58,5; 62,6 75,2; 80,4 $\bar{x} = 66,2$

Tabelle VIII

"Calcinase" Gruppe B 24 Stunden Zahn 53-60

Abstand von Pulpa

	50 μ	100 μ	200 μ	500 μ
Wurzelkanal -Eingang	65,7; 68,4 66,6; 67,9 70,4; 66,1 69,3; 71,2 $\bar{x} = 68,2$	60,1; 63,7 63,2; 60,6 63,1; 65,5 61,9; 59,3 $\bar{x} = 62,2$	55,6; 62,4 56,2; 57,3 54,9; 67,1 58,4; 58,9 $\bar{x} = 58,6$	52,1; 62,6 54,8; 56,0 62,7; 50,3 54,9; 54,3 $\bar{x} = 56,0$
-Mitte	64,3; 62,6 65,2; 65,9 64,1; 66,2 64,1; 64,3 $\bar{x} = 64,6$	59,1; 59,1 63,5; 59,6 62,6; 63,3 58,6; 62,2 $\bar{x} = 61,0$	52,5; 58,8 62,9; 55,2 52,9; 55,4 53,4; 56,6 $\bar{x} = 56,0$	51,5; 60,1 58,6; 56,8 49,6; 60,6 51,5; 57,7 $\bar{x} = 55,8$
-Apex	64,9; 66,3 76,0; 65,4 65,0; 64,3 66,0; 68,1 $\bar{x} = 65,3$	60,3; 64,6 74,4; 64,9 61,9; 56,1 60,6; 59,9 $\bar{x} = 63,6$	60,3; 91,0 76,6; 69,5 61,5; 54,4 60,4; 59,8 $\bar{x} = 63,8$	58,9; 88,5 69,6; 65,5 85,0; 55,4 60,9; 58,6 $\bar{x} = 69,1$

Tabelle IX

"Calcinase" Gruppe A 24 Stunden Zahn 61-68

Abstand von Pulpa

	50 μ	100 μ	200 μ	500 μ
Wurzelkanal -Eingang	68,0; 71,7 69,4; 69,0 71,9; 67,9 69,4; 68,5 $\bar{x} = 69,5$	67,8; 62,7 66,8; 67,4 67,8; 64,5 66,3; 64,7 $\bar{x} = 66,0$	63,0; 60,9 63,9; 64,1 64,2; 60,3 63,7; 60,1 $\bar{x} = 62,5$	56,4; 55,3 62,2; 53,9 61,7; 49,8 62,5; 57,3 $\bar{x} = 57,4$
-Mitte	64,0; 65,7 65,5; 63,0 67,6; 63,5 64,3; 65,5 $\bar{x} = 64,9$	62,7; 65,3 61,3; 60,0 64,4; 58,9 60,2; 63,6 $\bar{x} = 62,1$	58,8; 58,7 56,7; 58,1 59,6; 57,5 60,2; 64,3 $\bar{x} = 59,2$	53,9; 50,4 52,4; 54,2 55,5; 54,8 60,6; 55,3 $\bar{x} = 54,6$
-Apex	63,2; 64,8 69,0; 63,9 66,2; 62,2 64,6; 67,7 $\bar{x} = 65,2$	61,8; 59,8 65,2; 61,5 65,0; 60,0 62,2; 63,7 $\bar{x} = 62,4$	62,2; 55,1 70,3; 58,1 66,9; 59,1 62,3; 61,4 $\bar{x} = 62,0$	59,0; 49,7 72,7; 70,6 56,9; 60,1 57,7; 58,1 $\bar{x} = 60,6$

Tabelle X

"Verifix"

Gruppe C

15 Minuten

Zahn 69-76

Abstand von Pulpa

	50 μ	100 μ	200 μ	500 μ
Wurzelkanal -Eingang	67,3; 71,1 67,4; 69,4 65,8; 66,9 70,7; 65,2 $\bar{x} = 68,1$	61,5; 64,9 62,3; 64,7 63,5; 65,6 60,7; 62,6 $\bar{x} = 63,4$	58,3; 63,5 59,8; 59,9 63,4; 60,4 58,6; 61,6 $\bar{x} = 60,8$	55,7; 60,5 52,6; 55,9 54,3; 54,4 53,1; 53,6 $\bar{x} = 55,4$
-Mitte	63,4; 65,2 65,0; 64,9 65,9; 64,6 62,1; 65,3 $\bar{x} = 64,4$	59,0; 61,1 62,4; 59,7 62,6; 59,0 58,3; 59,2 $\bar{x} = 60,3$	56,7; 55,0 60,4; 57,4 60,9; 55,8 58,7; 56,3 $\bar{x} = 57,8$	52,7; 53,0 54,0; 53,2 57,2; 51,4 51,3; 51,5 $\bar{x} = 53,3$
-Apex	66,7; 65,7 64,5; 64,4 66,4; 64,5 62,7; 63,5 $\bar{x} = 64,8$	64,1; 63,1 59,1; 60,4 63,3; 60,3 59,5; 61,2 $\bar{x} = 61,4$	63,2; 64,4 60,2; 58,5 59,8; 60,5 56,6; 57,9 $\bar{x} = 60,1$	71,5; 72,8 56,4; 52,6 56,5; 60,9 60,7; 55,4 $\bar{x} = 60,8$

Tabelle XI

"Verifix"

Gruppe B

15 Minuten

Zahn 77-84

Abstand von Pulpa

	50 μ	100 μ	200 μ	500 μ
	=====	=====	=====	=====
Wurzelkanal				
-Eingang	63,5; 69,6	63,5; 63,1	55,7; 59,2	52,7; 56,0
	69,9; 69,7	66,2; 64,8	62,3; 64,1	54,1; 64,8
	66,4; 66,2	64,8; 63,2	57,5; 58,8	50,0; 54,9
	69,5; 69,2	63,4; 65,2	60,4; 59,6	53,9; 51,6
	$\bar{x} = 68,0$	$\bar{x} = 64,3$	$\bar{x} = 59,7$	$\bar{x} = 54,7$
-Mitte	63,3; 66,0	62,0; 61,4	61,5; 60,5	56,2; 55,6
	62,0; 61,9	60,6; 54,2	59,3; 52,6	54,3; 52,9
	61,7; 62,9	59,7; 60,5	58,4; 56,4	52,0; 54,1
	66,2; 64,4	64,1; 60,3	59,0; 58,2	52,8; 53,3
	$\bar{x} = 63,4$	$\bar{x} = 60,4$	$\bar{x} = 58,2$	$\bar{x} = 54,0$
-Apex	64,4; 69,7	57,0; 61,2	52,0; 59,6	53,5; 57,0
	65,2; 63,2	61,0; 60,9	58,8; 59,8	56,6; 60,8
	66,3; 64,8	59,7; 58,9	58,9; 59,2	54,1; 53,2
	70,4; 66,8	64,8; 61,4	58,2; 60,1	52,8; 55,0
	$\bar{x} = 66,3$	$\bar{x} = 60,6$	$\bar{x} = 58,3$	$\bar{x} = 55,4$

Tabelle XII

"Verifix" Gruppe A 15 Minuten Zahn 85-92

Abstand von Pulpa

	50 μ	100 μ	200 μ	500 μ
Wurzelkanal				
-Eingang	69,3; 71,4 72,3; 68,3 71,2; 67,4 72,9; 68,1 $\bar{x} = 70,1$	64,5; 64,5 65,4; 62,2 64,1; 62,4 66,7; 64,2 $\bar{x} = 64,2$	59,3; 58,5 62,9; 60,5 61,0; 59,1 64,5; 61,3 $\bar{x} = 60,9$	53,4; 52,3 55,9; 53,5 54,2; 53,0 58,0; 55,9 $\bar{x} = 54,5$
-Mitte	66,1; 67,4 67,6; 64,2 66,4; 63,4 66,1; 63,2 $\bar{x} = 65,5$	61,1; 63,7 62,1; 59,2 60,1; 60,6 61,9; 58,9 $\bar{x} = 61,0$	57,8; 59,2 59,3; 56,2 56,3; 57,5 56,6; 54,8 $\bar{x} = 57,2$	51,7; 51,6 53,0; 52,0 51,0; 52,9 52,0; 50,4 $\bar{x} = 51,8$
-Apex	64,7; 66,2 68,1; 66,4 67,2; 64,9 66,3; 64,2 $\bar{x} = 66,0$	60,7; 62,0 64,5; 63,7 63,4; 63,2 64,1; 59,2 $\bar{x} = 62,6$	58,9; 57,7 60,3; 58,5 61,9; 62,8 59,9; 57,8 $\bar{x} = 59,7$	54,3; 55,0 57,5; 55,1 56,5; 52,5 57,0; 55,4 $\bar{x} = 55,4$

Tabelle XIII

"Verifix" Gruppe C 24 Stunden Zahn 93-100

Abstand von Pulpa

	50 μ	100 μ	200 μ	500 μ
	=====	=====	=====	=====
Wurzelkanal				
-Eingang	74,0; 64,3	70,3; 58,2	67,6; 57,1	60,2; 56,8
	66,4; 65,6	58,7; 61,0	57,3; 58,7	54,9; 57,9
	67,7; 68,3	61,9; 64,7	57,6; 59,6	47,9; 51,4
	68,8; 68,4	62,6; 64,1	57,7; 57,3	52,2; 52,8
	$\bar{x} = 67,9$	$\bar{x} = 62,7$	$\bar{x} = 59,1$	$\bar{x} = 54,3$
-Mitte	59,5; 59,0	58,6; 57,3	57,9; 53,5	54,8; 52,7
	60,1; 61,4	56,4; 60,3	56,7; 59,0	53,1; 55,6
	60,5; 65,9	58,0; 62,9	55,5; 55,9	50,2; 53,4
	65,8; 62,1	59,3; 58,3	52,9; 58,3	51,1; 54,8
	$\bar{x} = 61,8$	$\bar{x} = 58,9$	$\bar{x} = 56,2$	$\bar{x} = 53,2$
-Apex	61,2; 63,7	57,2; 59,8	53,5; 58,3	52,9;
	67,1; 64,2	63,9; 63,8	61,2; 64,3	57,4; 67,0
	59,7; 70,1	58,2; 68,7	57,2; 56,9	57,2; 55,5
	73,1; 70,4	67,0; 65,6	64,5; 62,2	61,0; 59,8
	$\bar{x} = 66,2$	$\bar{x} = 63,0$	$\bar{x} = 59,8$	$\bar{x} = 58,7$

Tabelle XIV

"Verifix" Gruppe B 24 Stunden Zahn 101-110

Abstand von Pulpa

	50 μ	100 μ	200 μ	500 μ
Wurzelkanal				
-Eingang	65,0; 67,4 68,4; 67,9 69,7; 69,5 69,7; 64,8 68,5; 69,7 $\bar{x} = 68,1$	62,7; 63,1 64,4; 62,8 66,2; 63,7 62,1; 59,1 62,4; 63,1 $\bar{x} = 63,0$	61,0; 60,9 61,6; 60,2 64,7; 57,8 57,2; 57,6 58,2; 58,2 $\bar{x} = 59,7$	52,2; 55,2 52,4; 56,5 52,7; 53,2 52,5; 49,1 52,7; 54,1 $\bar{x} = 53,1$
-Mitte	58,7; 66,0 66,4; 63,7 67,3; 61,4 66,6; 65,4 63,9; 58,6 $\bar{x} = 63,8$	53,3; 64,7 63,5; 60,0 64,2; 57,9 57,6; 57,3 58,9; 55,8 $\bar{x} = 59,3$	53,4; 60,8 61,2; 55,9 61,0; 56,3 54,6; 53,9 53,4; 52,4 $\bar{x} = 56,3$	52,1; 56,8 53,5; 55,8 54,3; 52,9 48,8; 49,8 63,9; 52,9 $\bar{x} = 54,1$
-Apex	68,0; 60,9 67,6; 67,7 64,1; 67,0 64,9; 64,9 60,9 $\bar{x} = 65,0$	60,6; 54,6 60,7; 62,9 60,2; 62,9 59,9; 58,2 55,3 $\bar{x} = 59,5$	58,2; 52,1 58,6; 62,8 59,0; 58,0 57,2; 55,7 57,5 $\bar{x} = 57,7$	73,6; 55,8 55,4; 62,2 56,6; 69,6 59,3; 55,4 53,9 $\bar{x} = 60,2$

Tabelle XV

"Verifix" Gruppe A 24 Stunden Zahn 111-120

Abstand von Pulpa

	50 μ	100 μ	200 μ	500 μ
Wurzelkanal				
-Eingang	71,5; 70,7	70,4; 67,2	69,6; 66,8	54,4; 51,7
	71,3; 70,8	68,7; 67,7	68,3; 66,9	59,2; 55,9
	73,0; 73,9	67,7; 68,7	65,1; 66,2	54,3; 55,9
	69,1; 68,2	66,1; 66,6	64,1; 65,1	52,5; 53,1
	70,2; 69,1	67,9; 65,7	65,2; 64,0	59,1; 55,1
	$\bar{x} = 70,8$	$\bar{x} = 67,7$	$\bar{x} = 66,1$	$\bar{x} = 55,1$
-Mitte	63,4; 64,9	60,6; 62,4	59,4; 57,2	53,8; 52,4
	67,4; 65,3	64,3; 62,7	62,1; 57,7	55,2; 53,7
	64,0; 67,7	62,5; 64,9	57,9; 60,7	55,5; 53,1
	64,4; 63,9	61,7; 62,5	58,8; 61,0	52,8; 53,1
	63,8; 65,0	62,4; 62,0	61,0; 59,7	58,4; 56,4
	$\bar{x} = 65,0$	$\bar{x} = 62,6$	$\bar{x} = 59,6$	$\bar{x} = 54,4$
-Apex	69,5; 66,3	65,0; 62,9	61,3; 60,0	55,1; 69,8
	65,8; 68,0	63,1; 63,7	61,7; 59,5	56,9; 58,9
	72,0	67,2	63,8	
	67,7; 66,4	64,4; 64,1	60,2; 61,1	59,8; 55,3
	67,9; 65,1	65,2; 63,2	62,8; 60,5	65,5; 68,1
	$\bar{x} = 67,6$	$\bar{x} = 64,3$	$\bar{x} = 61,2$	$\bar{x} = 61,2$

Tabelle XVI

"EDTAC N-0"

Gruppe C

15 Minuten

Zahn 133-142

Abstand von Pulpa

	50 μ	100 μ	200 μ	500 μ
	=====	=====	=====	=====
Wurzelkanal				
-Eingang	70,8; 67,5	64,2; 65,0	61,4; 61,3	57,1; 59,0
	68,9; 65,6	64,3; 61,7	60,9; 59,0	55,6; 56,0
	63,7; 76,4	60,4; 74,3	58,8; 69,9	56,0; 58,3
	65,8; 58,9	60,7; 54,0	53,4; 53,4	51,6; 51,0
	68,8; 65,9	64,8; 59,8	60,0; 58,5	52,8; 56,2
	$\bar{x} = 67,2$	$\bar{x} = 62,9$	$\bar{x} = 59,7$	$\bar{x} = 55,4$
-Mitte	65,4; 59,5	58,3; 58,3	56,4; 54,1	53,0; 52,5
	63,0; 62,9	60,1; 60,1	58,0; 56,9	56,6; 56,1
	64,1; 59,2	61,2; 57,5	56,2; 55,9	53,6; 54,7
	62,1; 67,3	56,5; 67,2	53,8; 63,1	51,5; 58,8
	59,8; 59,9	59,6; 57,4	54,9; 54,6	52,1; 53,0
	$\bar{x} = 62,3$	$\bar{x} = 59,6$	$\bar{x} = 56,4$	$\bar{x} = 54,2$
-Apex	67,2; 71,1	64,6; 68,3	55,4; 67,3	55,5; 66,8
	69,7; 72,2	66,7; 68,9	69,1; 69,8	64,7; 72,2
	67,0; 71,4	69,4; 58,2	67,4; 57,0	65,1
	66,9; 69,9	65,0; 66,1	60,2; 61,0	52,4
	68,0;	64,8;	61,8;	
	$\bar{x} = 69,3$	$\bar{x} = 65,8$	$\bar{x} = 63,2$	$\bar{x} = 62,8$

Tabelle XVII

"EDTAC N-O"

Gruppe B

15 Minuten

Zahn 143-152

Abstand von Pulpa

	50 μ	100 μ	200 μ	500 μ
	=====	=====	=====	=====
Wurzelkanal				
-Eingang	68,0; 69,7	63,7; 64,8	56,0; 57,8	54,7; 54,1
	71,7; 67,6	63,3; 64,6	57,9; 60,8	53,9; 55,0
	69,6; 70,3	65,6; 64,5	58,9; 58,1	54,1; 53,3
	78,0; 70,8	65,9; 65,7	63,3; 61,3	53,4; 51,7
	68,4	60,7	57,8	52,7
	$\bar{x} = 70,5$	$\bar{x} = 64,3$	$\bar{x} = 59,1$	$\bar{x} = 53,7$
-Mitte	63,8; 63,4	60,4; 60,4	54,3; 56,9	52,8; 53,1
	64,4; 64,3	60,9; 57,9	56,3; 55,8	52,0; 52,8
	63,8; 61,7	61,2; 60,3	58,2; 56,9	54,1; 53,1
	65,8; 64,1	60,7; 61,2	57,0; 57,7	53,0; 52,6
	64,3; 59,5	61,0; 57,3	57,0; 55,9	51,8; 52,7
	$\bar{x} = 63,5$	$\bar{x} = 60,1$	$\bar{x} = 56,6$	$\bar{x} = 52,8$
-Apex	69,0; 63,2	64,0; 60,6	60,7; 58,2	54,9; 57,4
	69,5; 70,4	64,5; 66,6	60,0; 63,2	58,9
	70,5; 70,3	64,5; 62,7	58,1; 59,1	50,8; 54,8
	70,5; 64,0	63,9; 60,6	59,5; 57,0	55,0; 77,0
	68,5; 66,2	62,0; 60,3	57,7; 61,0	52,7; 56,0
	$\bar{x} = 68,2$	$\bar{x} = 63,0$	$\bar{x} = 59,5$	$\bar{x} = 55,1$

Tabelle XVIII

"EDTAC N-O"

Gruppe A

15 Minuten

Zahn 153-162

Abstand von Pulpa

	50 μ	100 μ	200 μ	500 μ
	=====	=====	=====	=====
Wurzelkanal				
-Eingang	70,6; 72,0	65,1; 66,0	63,6; 64,2	53,6; 57,5
	72,8; 74,0	66,0; 64,4	63,1; 59,5	55,6; 52,7
	69,9; 71,7	64,6; 65,2	62,9; 62,3	55,0; 53,4
	69,8; 58,2	61,8; 54,4	60,5; 54,4	52,3; 52,4
	69,9; 69,1	61,7; 63,8	58,6; 61,5	52,4; 55,9
	$\bar{x} = 71,1$	$\bar{x} = 64,3$	$\bar{x} = 61,1$	$\bar{x} = 54,1$
	=====	=====	=====	=====
-Mitte	64,8; 66,8	62,7; 59,9	57,8; 58,7	52,3; 51,6
	69,4; 69,3	61,4; 61,6	57,6; 57,1	53,3; 54,3
	68,6; 67,2	61,7; 65,4	57,6; 61,2	55,6; 52,2
	60,2; 64,0	56,1; 55,1	58,5; 54,6	54,3; 52,2
	68,2; 64,0	61,0; 61,5	56,5; 58,0	53,8; 53,7
	$\bar{x} = 66,3$	$\bar{x} = 60,6$	$\bar{x} = 57,8$	$\bar{x} = 53,3$
	=====	=====	=====	=====
-Apex	68,7; 73,7	65,8; 59,2	59,4; 53,4	57,0; 51,3
	73,1; 73,7	62,4; 64,0	56,6; 58,1	51,9; 91,1
	66,4; 73,1	60,9; 66,2	56,9; 64,2	60,6; 57,1
	73,1; 60,6	60,1; 59,1	57,8; 58,3	60,2; 63,2
	61,2; 64,8	61,5; 57,7	59,5; 57,8	57,2; 53,1
	$\bar{x} = 68,8$	$\bar{x} = 61,7$	$\bar{x} = 58,2$	$\bar{x} = 56,8$
	=====	=====	=====	=====

Tabelle XIX

"EDTAC N-0"

Gruppe C

24 Stunden

Zahn 163-172

Abstand von Pulpa

	50 μ	100 μ	200 μ	500 μ
	=====	=====	=====	=====
Wurzelkanal				
-Eingang	71,1; 71,5	67,2; 66,7	66,3; 65,8	53,9; 62,3
	69,1; 68,7	66,2; 64,9	66,4; 61,0	62,7; 55,6
	65,5	61,2	60,4	54,4
	67,7; 70,3	64,0; 64,9	60,2; 57,5	55,7; 57,0
	69,5; 70,8	63,9; 63,9	62,4; 59,4	57,1; 71,0
	$\bar{x} = 69,4$	$\bar{x} = 64,8$	$\bar{x} = 62,2$	$\bar{x} = 58,9$
-Mitte	69,0; 65,5	65,8; 63,0	63,0; 61,9	56,3; 58,0
	68,5; 69,7	63,6; 65,3	60,8; 61,2	58,6; 52,5
	67,8; 63,2	66,7; 60,8	61,2; 59,0	57,2; 55,9
	63,7; 66,8	63,2; 63,1	57,7; 56,4	58,4; 54,8
	66,7; 69,5	64,4; 64,9	60,7; 59,1	54,6; 57,0
	$\bar{x} = 67,0$	$\bar{x} = 64,1$	$\bar{x} = 60,1$	$\bar{x} = 56,3$
-Apex	65,9; 67,9	65,6; 66,3	64,5; 67,0	71,8; 62,9
	70,0; 75,4	64,1; 74,7	60,7; 74,1	60,2; 73,3
	68,0; 68,4	57,8; 62,6	55,1; 60,6	51,9; 60,2
	70,1; 62,3	69,4; 59,2	56,2; 57,6	54,2; 78,7
	66,4; 66,9	64,0; 59,7	60,4; 56,7	57,5; 56,3
	$\bar{x} = 68,1$	$\bar{x} = 64,3$	$\bar{x} = 59,9$	$\bar{x} = 62,7$

Tabelle XX

"EDTAC N-0"

Gruppe B

24 Stunden

Zahn 173-182

Abstand von Pulpa

	50 μ	100 μ	200 μ	500 μ
	=====	=====	=====	=====
Wurzelkanal				
-Eingang	72,0; 70,4	66,6; 63,4	63,5; 60,5	58,2; 55,8
	70,6; 73,6	64,4; 70,1	61,3; 68,4	55,5; 53,1
	69,2; 68,8	61,7; 67,3	59,7; 64,1	52,0; 52,1
	69,1; 70,7	65,7; 67,6	63,4; 64,0	54,9; 52,7
	72,2; 69,0	66,4; 64,4	65,3; 60,3	60,5; 58,1
	$\bar{x} = 70,6$	$\bar{x} = 65,8$	$\bar{x} = 63,1$	$\bar{x} = 55,3$
	=====	=====	=====	=====
-Mitte	66,9; 65,2	60,4; 57,6	58,0; 56,1	53,4; 51,6
	66,5; 64,9	61,0; 60,8	60,8; 57,8	53,7; 57,6
	64,3; 65,0	59,0; 60,9	53,5; 60,1	53,5; 54,2
	63,7; 64,0	63,0; 59,6	60,1; 58,6	52,6; 54,5
	66,7; 66,2	62,9; 62,7	59,6; 61,4	56,8; 58,4
	$\bar{x} = 65,3$	$\bar{x} = 60,8$	$\bar{x} = 58,6$	$\bar{x} = 54,6$
	=====	=====	=====	=====
-Apex	72,4	66,8	57,0	52,9
	65,1; 65,8	62,6; 62,6	58,2; 61,2	52,4; 54,5
	66,5; 66,3	63,2; 60,0	63,0; 54,9	83,9; 53,7
	67,0; 65,1	65,6; 63,7	59,2; 60,6	55,5; 62,3
	80,6; 66,6	76,9; 64,5	64,4; 64,6	72,0; 63,6
	$\bar{x} = 66,9$	$\bar{x} = 63,6$	$\bar{x} = 60,3$	$\bar{x} = 56,4$
	=====	=====	=====	=====

Tabelle XXI

"EDTAC N-O"

Gruppe A

24 Stunden

Zahn 183-192

Abstand von Pulpa

	50 μ	100 μ	200 μ	500 μ
Wurzelkanal				
-Eingang	68,1; 72,1 70,7; 69,7 71,6; 70,7 66,6; 69,9 70,0; 67,2 $\bar{x} = 69,7$	64,4; 62,3 66,0; 65,9 68,0; 65,5 63,2; 66,2 68,1; 64,4 $\bar{x} = 65,4$	63,9; 62,2 64,5; 64,3 63,9; 63,6 58,1; 64,9 66,5; 65,1 $\bar{x} = 63,7$	57,2; 54,9 59,3; 58,1 54,4; 51,9 52,6; 61,2 57,8; 57,2 $\bar{x} = 56,5$
	x			
-Mitte	64,5; 67,0 64,8; 66,4 63,6; 63,3 64,2; 66,2 65,6; 65,4 $\bar{x} = 65,1$	61,1; 66,9 61,8; 64,9 63,3; 61,3 60,0; 62,2 63,6; 62,2 $\bar{x} = 62,7$	59,8; 59,1 60,0; 62,6 61,8; 57,6 58,9; 59,9 61,1; 59,4 $\bar{x} = 60,0$	56,6; 56,5 55,4; 53,9 56,1; 52,6 53,4; 56,0 59,1; 57,9 $\bar{x} = 55,8$
-Apex	67,1; 67,3 67,2 65,1; 70,5 70,6; 65,3 73,5; $\bar{x} = 68,3$	64,7; 64,9 65,2 62,4; 63,9 62,3; 61,5 66,2; $\bar{x} = 63,9$	62,7; 63,9 63,8 60,3; 55,2 58,4; 60,4 61,3; $\bar{x} = 60,8$	70,4; 68,9 60,2 59,0; 55,2 56,6; 58,7 60,4; $\bar{x} = 61,2$

Tabelle XXII

Königswasser

Gruppe B

15 Minuten

Zahn 193-200

Abstand von Pulpa

	50 μ	100 μ	200 μ	500 μ
	=====	=====	=====	=====
Wurzelkanal				
-Eingang	85,5; 85,1	71,8; 69,6	67,0; 68,5	59,8; 55,4
	77,9; 88,7	69,8; 72,2	65,0; 69,5	59,5; 57,5
	87,1; 88,4	70,9; 68,6	65,7; 67,4	56,6; 57,6
	82,5; 82,8	69,1; 69,3	66,0; 66,6	57,0; 54,9
	$\bar{x} = 84,8$	$\bar{x} = 70,2$	$\bar{x} = 67,0$	$\bar{x} = 57,3$
-Mitte	80,7; 81,5	63,0; 62,8	59,5; 58,9	57,9; 56,0
	76,1; 81,2	65,8; 65,0	61,1; 64,5	57,7; 57,7
	76,1; 80,0	66,9; 68,3	62,4; 60,6	55,3; 56,7
	74,3; 73,8	63,5; 66,0	58,5; 62,5	55,9; 58,2
	$\bar{x} = 78,0$	$\bar{x} = 65,2$	$\bar{x} = 61,0$	$\bar{x} = 56,9$
-Apex	79,5; 81,2	66,9; 64,8	66,0; 61,9	64,0; 77,1
	77,9; 81,5	66,4; 68,6	62,8; 65,8	59,6; 70,0
	83,0; 79,5	67,9; 67,5	65,8	107
	76,5; 79,7	70,7; 69,1	66,4; 64,4	86,5; 57,1
	$\bar{x} = 79,9$	$\bar{x} = 67,7$	$\bar{x} = 64,7$	$\bar{x} = 74,5$

Tabelle XXIII

Königswasser

Gruppe B

24 Stunden

Zahn 201-208

Abstand von Pulpa

	50 μ	100 μ	200 μ	500 μ
	=====	=====	=====	=====
Wurzelkanal				
-Eingang	106,6; 105,7	105,1; 87,5	94,0; 71,5	69,4; 60,9
	83,9; 80,5	72,5; 72,0	69,8; 68,4	63,2; 63,7
	88,7; 84,7	73,4; 72,3	64,3; 65,4	56,4; 59,2
	97,4; 83,9	72,0; 71,4	68,8; 65,1	62,3; 57,3
	$\bar{x} = 91,4$	$\bar{x} = 78,3$	$\bar{x} = 70,9$	$\bar{x} = 61,6$
-Mitte	79,4; 78,8	71,1; 70,9	72,2; 65,3	67,1; 56,2
	76,6; 74,4	70,6; 67,5	73,7; 61,9	68,6; 55,7
	71,0; 80,2	67,4; 71,2	55,9; 64,0	51,8; 57,8
	74,3; 74,1	68,9; 67,7	62,6; 63,8	60,2; 57,0
	$\bar{x} = 76,1$	$\bar{x} = 69,4$	$\bar{x} = 64,9$	$\bar{x} = 59,3$
-Apex	88,8; 71,4	72,6; 66,1	69,6; 63,1	64,2; 57,6
	69,0; 68,9	67,0; 68,1	64,7; 66,8	63,7; 52,5
	71,4; 68,1	69,2; 63,8	69,2; 62,6	95,1; 57,9
	72,1; 69,0	70,6; 67,1	71,1; 63,0	82,5; 70,6
	$\bar{x} = 72,3$	$\bar{x} = 68,1$	$\bar{x} = 66,3$	$\bar{x} = 59,2$

7) Statistische Auswertung der Ergebnisse

Um das aus den Versuchsmessungen anfallende Zahlenmaterial zu analysieren und auszuwerten, bedienen wir uns statistischer Methoden. Der Sinn dieses Vorgehens ist, zuverlässige Schlußfolgerungen ziehen zu können und die Verläßlichkeit der Antworten zu prüfen, sich also vor Fehltritten zu schützen. Die Hauptaufgabe dieser Arbeit lag in der Frage: Sind Unterschiede der Härte des Wurzelkanalodontins bei behandelten und unbehandelten Zähnen vorhanden, wenn ja, sind sie lediglich durch Zufall bedingt oder statistisch gesichert?

Wir haben fünf Faktoren, die sich wechselseitig beeinflussen können:

- 1) Medikament
- 2) Alter
- 3) Einwirkungszeit
- 4) Ort der Messung
- 5) Abstand vom Wurzelkanal.

Es soll die Frage beantwortet werden, ob sich innerhalb der Einflußfaktoren die Mittelwerte der einzelnen Gruppen unterscheiden. Als Beurteilungsmaß dient das Verhältnis: mittleres Abweichungsquadrat zwischen den Mittelwerten (MAQ_{zw}) / mittleres Abweichungsquadrat der Versuchsstreuung (MAQ_{Rest}). Würde jeder Einflußfaktor für sich allein betrachtet werden, wäre die Versuchsstreuung zu groß, da die anderen Einflußfaktoren in die Versuchsstreuung eingehen und diese vergrößern. Vorhandene Unterschiede ließen sich dann erst bei erheblich höherem Aufwand nachweisen.

Die adäquate Auswertung eines Versuchs mit mehreren Einflußfaktoren ist deshalb die mehrfache Varianzanalyse. Diese gestattet, die durch die einzelnen Einflußfakto-

ren bedingten Varianzkomponenten von der eigentlichen Versuchsstreuung abzutrennen. Dadurch wird die Aussagekraft der Versuchsergebnisse wesentlich größer.

Als Versuchsstreuung wird bei der vorliegenden Untersuchung die Varianz zwischen den Werten der sich entsprechenden Meßpunkte der acht Zähne einer Gruppe angesehen. Diese Werte sind voneinander unabhängig, so daß sie als echte Wiederholungen betrachtet werden können.

Da am gleichen Zahn an jeweils drei Orten und in vier Abständen vom Wurzelkanal Werte bestimmt wurden, müssen diese Werte als voneinander abhängig angesehen werden. Es wurden deshalb für jeden Meßpunkt dreifache Varianzanalysen zwischen den Faktoren: Medikament, Alter, Einwirkungszeit berechnet. Die Ergebnisse entsprechen den Ergebnissen der fünffachen Varianzanalyse, so daß sie bei der weiteren Auswertung nicht berücksichtigt wurden.

Das Prinzip der mehrfachen Varianzanalyse soll am Beispiel der doppelten Varianzanalyse mit Wiederholungen erläutert werden.

Folgende Begriffe werden eingeführt:

i = Index des 1. Einflußfaktors

z.B. 3 Altersgruppen

j = Index des 2. Einflußfaktors

z.B. 4 Meßpunkte

k = Index der Wiederholungen bei z.B. 8 Individuen der gleichen Altersgruppe am gleichen Meßpunkt

x_{ijk} = Wert der Einzelmessung

$\bar{x}_{ij}$ = Mittelwert der wiederholten Messungen innerhalb der i .ten Gruppe 1. Faktor, j .ten Gruppe 2. Faktor (z.B. in der 1. Altersgruppe am 3. Meßpunkt).

$\bar{x}_j$ = Mittelwert aller Messungen der j .ten Gruppe des 2. Faktors.

$\bar{x}_i$ = Mittelwert aller Messungen der i.ten Gruppe des 1. Faktors (z.B. Mittelwert bei der 1. Altersgruppe).

$\bar{x}$ = Gesamtmittelwert.

Die Gesamtvarianz ist dann die Summe der Quadrate der Abweichungen aller Einzelwerte (x_{ijk}) vom Mittelwert $\bar{x}$. Diese wird durch folgende Formel gekennzeichnet:

$$\sum_{ijk} (x_{ijk} - \bar{x})^2$$

Durch Addition und Subtraktion der angeführten Mittelwerte kann die Formel erweitert werden, ohne daß sich der Wert ändert:

$$\sum_{ijk} (x_{ijk} - \bar{x})^2 = \sum_{ijk} (x_{ijk} - \bar{x}_{ij} + \bar{x}_{ij} - \bar{x}_i + \bar{x}_i - \bar{x}_j + \bar{x}_j - \bar{x} + \bar{x} - \bar{x})^2$$

Durch einfache Umordnung ergibt sich daraus

$$= \sum_{ijk} ((x_{ijk} - \bar{x}_{ij}) + (\bar{x}_i - \bar{x}) + (\bar{x}_j - \bar{x}) + (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_i - \bar{x}_j + \bar{x}))^2$$

Quadriert man diese Gleichung nach der Formel $(a+b+c+d)^2 = a^2 + b^2 + c^2 + d^2 + 2ab + 2ac + 2ad + 2bc + 2bd + 2cd$, dann entfallen beim Summieren die einfachen Produkte, da die Summe der Einzelabweichungen und der Mittelwerte immer null ergibt. Man erhält dann

$$\begin{aligned} &= \sum_{ijk} (x_{ijk} - \bar{x}_{ij})^2 + (\bar{x}_i - \bar{x})^2 + (\bar{x}_j - \bar{x})^2 + (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_i - \bar{x}_j + \bar{x})^2 \\ &= \sum_{ijk} (x_{ijk} - \bar{x}_{ij})^2 + \sum_{ijk} (\bar{x}_i - \bar{x})^2 + \sum_{ijk} (\bar{x}_j - \bar{x})^2 \\ &\quad + \sum_{ijk} (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_i - \bar{x}_j + \bar{x})^2 \end{aligned}$$

Die Gesamtvarianz wurde damit zerlegt in vier Komponenten, die im einzelnen betrachtet werden sollen.

$\sum_{ijk} (x_{ijk} - \bar{x}_{ij})^2$ ist die Summe der Quadrate (SAQ) der Abweichungen der Einzelmessungen vom Mittelwert in der i.ten Gruppe des 1. Faktors und j.ten Gruppe des 2. Faktors, d.h. die SAQ zwischen den Wiederholungen. SAQ zwischen den Wiederholungen charakterisiert die eigentliche Versuchsstreuung.

$\sum_{ijk} (\bar{x}_i - \bar{x})^2$
 $= n_j r \sum_i (\bar{x}_i - \bar{x})^2$ SAQ der Abweichungen der Mittelwerte des 1. Faktors vom Gesamtmittelwert.

Diese SAQ charakterisiert den Varianzanteil, der durch den Einfluß des 1. Faktors bedingt ist.

$\sum_{ijk} (\bar{x}_j - \bar{x})^2$
 $= n_i r \sum_j (\bar{x}_j - \bar{x})^2$ SAQ der Abweichungen der Mittelwerte des 2. Faktors vom Gesamtmittelwert. Diese SAQ charakterisiert den

Varianzanteil, der durch den Einfluß des 2. Faktors bedingt ist.

$\sum_{ijk} (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_i - \bar{x}_j + \bar{x})^2$ SAQ der sogenannten Wechselwirkungen.
 $= r \sum_{ij} (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_i - \bar{x}_j + \bar{x})^2$

Zum besseren Verständnis kann die Formel in folgender Weise umgeformt werden:

$$\sum_{ijk} ((\bar{x}_{ij} - \bar{x}_i) - (\bar{x}_j - \bar{x}))^2$$

d.h., die Differenz zwischen beiden Ausdrücken wird null, wenn die Differenz zwischen j.ten Mittelwert der i.ten Reihe ebenso groß ist, wie die Differenz des Mittelwertes der j.ten Reihe vom Gesamtmittelwert. Eine Wechselwirkung wird sich demnach dann nachweisen lassen, wenn die Mittelwerte des 2.Faktors innerhalb der Gruppen des 1.Faktors sich anders verhalten als die Gesamtmittelwerte des 2.Faktors und umgekehrt. Dies ist nur dann der Fall, wenn beide Faktoren sich gegenseitig beeinflussen, d.h. eine Wechselwirkung zwischen beiden besteht (Interaction).

Zerlegung der Freiheitsgrade

Folgende Bezeichnungen werden eingeführt:

n = Anzahl aller Werte

n_i = Anzahl der Gruppen des 1. Faktors

n_j = Anzahl der Gruppen des 2. Faktors

r = Anzahl der Wiederholungen

$n = n_i \cdot n_j \cdot r$

Die Zahl der Freiheitsgrade bezeichnet die Anzahl der unabhängigen Werte.

Die Gesamtzahl der Freiheitsgrade ist $n-1 = n_i \cdot n_j \cdot r - 1$, da jeweils der letzte Wert bei Kenntnis der Mittelwerte nicht mehr frei gewählt werden kann.

Die einzelnen Varianzanteile haben folgende Freiheitsgrade:

1. Faktor	$n_i - 1$
2. Faktor	$n_j - 1$
Wechselwirkung	$(n_i - 1)(n_j - 1)$
Versuchsstreuung	$n_i \cdot n_j \cdot (r - 1)$
Summe	$n - 1$

$$n-1 = n_i n_j r - 1 = n_i - 1 + n_j - 1 + n_i n_j - n_i - n_j + 1 + n_i n_j r - n_i n_j = n_i n_j r - 1$$

Mittleres Abweichungsquadrat

Der Quotient SAQ/Freiheitsgrad des jeweiligen Varianzanteils ergibt die mittleren Abweichungsquadrate (MAQ). Dies kann im folgenden Schema dargestellt werden:

Varianz	SAQ	f	MAQ
zwischen Faktor 1	$r \sum_{ji} (\bar{x}_i - \bar{x})^2$	$n_i - 1$	$\frac{r \cdot n_j}{n_i - 1} \sum_i (\bar{x}_i - \bar{x})^2 = MAQ_1$
zwischen Faktor 2	$r n_i \sum_j (\bar{x}_j - \bar{x})^2$	$n_j - 1$	$\frac{r \cdot n_i}{n_j - 1} \sum_j (\bar{x}_j - \bar{x})^2 = MAQ_2$
Wechselwirkung	$r \sum_{ij} (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_i - \bar{x}_j + \bar{x})^2$	$(n_i - 1) (n_j - 1)$	$\frac{r}{(n_i - 1) (n_j - 1)} \cdot \sum_{ij} (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_i - \bar{x}_j + \bar{x})^2 = MAQ_w$
Versuchsstreuung	$\sum_{ijk} (\bar{x}_{ijk} - \bar{x}_{ij})$	$n_i n_j (r - 1)$	$\frac{\sum (\bar{x}_{ijk} - \bar{x})^2}{n_i n_j (r - 1)} = MAQ_R$
Gesamtstreuung	$\sum_{ijk} (\bar{x}_{ijk} - \bar{x})$	$n - 1$	

Liegen nur Zufallsunterschiede vor (Nullhypothese), dann dürfen die einzelnen Varianzkomponenten nur im Rahmen der Versuchsstreuung schwanken. Sämtliche MAQ können dann als Schätzung der Versuchsstreuung angesehen werden, so daß die Quotienten MAQ_1/MAQ_R , MAQ_2/MAQ_R , MAQ_w/MAQ_R nur zufällige Abweichungen vom Wert 1 haben dürfen. Dies kann an Hand der f-Verteilung überprüft werden. Die F-Verteilung gibt an, wie groß der Quotient zweier Varianzen bei den entsprechenden Freiheitsgraden in Zähler und Nenner höchstens sein darf, um die Hypothese: "die Varianzen sind gleich" aufrechtzuerhalten.

Die Varianzanalyse prüft also, ob die durch die einzelnen Einflußfaktoren bedingten Varianzen gesichert größer sind als die Versuchsstreuung. Ist der Quotient MAQ/MAQ_R größer als der entsprechende Wert der F-Verteilung, kann die Nullhypothese verworfen werden und angenommen werden, daß die Mittelwerte der Gruppen des Einflußfaktors sich unterscheiden bzw. daß eine signifikante Wechselwirkung vorliegt. Ist der Quotient größer als $F_{0,01}$, wird der Unterschied als gesichert bezeichnet ($P < 0,01$), liegt er zwischen $F_{0,01}$ und $F_{0,05}$ als auffällig. Die Irrtumswahrscheinlichkeit $P = 0,01$ bedeutet z.B., daß in 1 von 100 Fällen durch Zufall eine derartige Differenz zu erwarten ist.

Orthogonale Vergleiche

Die Varianzanalyse ergibt zunächst nur die Gesamtaussage, daß zwischen den Mittelwerten eines Einflußfaktors signifikante Unterschiede bestehen. Es ist zunächst nicht möglich, auszusagen, welche Mittelwerte sich im einzelnen unterscheiden. Hierfür kann die Summe der Abweichungsquadrate (SAQ) dieser Gruppe zerlegt werden in orthogonale Vergleiche zwischen den Mittelwerten:

Geprüft wird, ob der durch die Differenz der Mittelwerte bedingte Varianzanteil größer ist als die Reststreuung. Ist der Quotient der MAQ größer als der Wert der F-Verteilung, dann kann die Differenz zwischen den Mittelwerten als gesichert angesehen werden.

Variable (Faktoren)	Anzahl
1 = Medikament	3
2 = Altersgruppe	3
3 = Einwirkungszeit	2
4 = Ort	3
5 = Abstand	4

Varianz	SAQ	f	$MAQ = \frac{SAQ}{f}$	$F = \frac{MAQ}{MAQ-Res}$	P	F-Ver- teilung
1	455,09	2	227,54	20,11	0,001	6,90
2	240,38	2	120,19	10,63	0,001	6,90
3	1396,44	1	1396,44	123,46	0,001	10,83
4	3911,70	2	1955,85	172,93	0,001	6,90
5	24749,23	3	8249,74	729,41	0,001	5,43
12	297,43	4	74,35	6,57	0,001	4,62
13	695,01	2	347,50	30,72	0,001	6,90
14	87,88	4	21,97	1,94	-----	-----
15	305,39	6	50,89	4,49	0,001	3,74
23	179,33	2	89,66	7,92	0,001	6,90
24	143,48	4	35,87	3,17	0,05	2,37
25	134,01	6	22,33	1,97	-----	-----
34	35,05	2	17,52	1,54	-----	-----
35	57,88	3	19,29	1,70	-----	-----
45	3058,19	6	509,69	45,06	0,001	5,42
123	865,63	4	216,40	19,13	0,001	4,61
124	483,60	8	60,45	5,34	0,001	3,26
125	275,69	12	22,97	2,03	0,05	1,75
134	104,43	4	26,10	2,30	-----	-----
135	12,63	6	2,10	0,18	-----	-----
145	465,01	12	38,75	3,42	0,001	2,74
234	147,20	6	36,80	3,25	0,05	2,37
235	83,77	8	13,96	1,23	-----	-----
245	46,65	12	3,88	0,34	-----	-----
345	142,64	6	23,77	2,10	-----	-----
1234	260,96	8	32,62	2,88	0,01	2,51
1235	218,81	12	18,23	1,61	-----	-----
1245	213,34	24	8,88	0,78	-----	-----
1345	81,46	12	6,78	0,60	-----	-----
2345	61,31	12	5,10	0,45	-----	-----
12345	399,93	24	16,66	1,47	-----	-----

Restvarianz 17.109,24 1512 11,31

Gesamt-
varianz 56.718,94 1727

Berechnung $P = 100$ g

n	Vickershärte HV									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
13	1880	1881	1884	1888	1892	1896	1900	1904	1908	1912
14	1916	1920	1924	1928	1932	1936	1940	1944	1948	1952
15	1956	1960	1964	1968	1972	1976	1980	1984	1988	1992
16	1996	2000	2004	2008	2012	2016	2020	2024	2028	2032
17	2036	2040	2044	2048	2052	2056	2060	2064	2068	2072
18	2076	2080	2084	2088	2092	2096	2100	2104	2108	2112
19	2116	2120	2124	2128	2132	2136	2140	2144	2148	2152
20	2156	2160	2164	2168	2172	2176	2180	2184	2188	2192
21	2196	2200	2204	2208	2212	2216	2220	2224	2228	2232
22	2236	2240	2244	2248	2252	2256	2260	2264	2268	2272
23	2276	2280	2284	2288	2292	2296	2300	2304	2308	2312
24	2316	2320	2324	2328	2332	2336	2340	2344	2348	2352
25	2356	2360	2364	2368	2372	2376	2380	2384	2388	2392
26	2396	2400	2404	2408	2412	2416	2420	2424	2428	2432
27	2436	2440	2444	2448	2452	2456	2460	2464	2468	2472
28	2476	2480	2484	2488	2492	2496	2500	2504	2508	2512
29	2516	2520	2524	2528	2532	2536	2540	2544	2548	2552
30	2556	2560	2564	2568	2572	2576	2580	2584	2588	2592
31	2596	2600	2604	2608	2612	2616	2620	2624	2628	2632
32	2636	2640	2644	2648	2652	2656	2660	2664	2668	2672
33	2676	2680	2684	2688	2692	2696	2700	2704	2708	2712
34	2716	2720	2724	2728	2732	2736	2740	2744	2748	2752
35	2756	2760	2764	2768	2772	2776	2780	2784	2788	2792
36	2796	2800	2804	2808	2812	2816	2820	2824	2828	2832
37	2836	2840	2844	2848	2852	2856	2860	2864	2868	2872
38	2876	2880	2884	2888	2892	2896	2900	2904	2908	2912
39	2916	2920	2924	2928	2932	2936	2940	2944	2948	2952
40	2956	2960	2964	2968	2972	2976	2980	2984	2988	2992
41	2996	3000	3004	3008	3012	3016	3020	3024	3028	3032
42	3036	3040	3044	3048	3052	3056	3060	3064	3068	3072
43	3076	3080	3084	3088	3092	3096	3100	3104	3108	3112
44	3116	3120	3124	3128	3132	3136	3140	3144	3148	3152
45	3156	3160	3164	3168	3172	3176	3180	3184	3188	3192
46	3196	3200	3204	3208	3212	3216	3220	3224	3228	3232
47	3236	3240	3244	3248	3252	3256	3260	3264	3268	3272
48	3276	3280	3284	3288	3292	3296	3300	3304	3308	3312
49	3316	3320	3324	3328	3332	3336	3340	3344	3348	3352
50	3356	3360	3364	3368	3372	3376	3380	3384	3388	3392
51	3396	3400	3404	3408	3412	3416	3420	3424	3428	3432
52	3436	3440	3444	3448	3452	3456	3460	3464	3468	3472
53	3476	3480	3484	3488	3492	3496	3500	3504	3508	3512
54	3516	3520	3524	3528	3532	3536	3540	3544	3548	3552

Berechnung $P = 100$ g (Fortsetzung)

n	Vickershärte HV									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
55	3556	3560	3564	3568	3572	3576	3580	3584	3588	3592
56	3596	3600	3604	3608	3612	3616	3620	3624	3628	3632
57	3636	3640	3644	3648	3652	3656	3660	3664	3668	3672
58	3676	3680	3684	3688	3692	3696	3700	3704	3708	3712
59	3716	3720	3724	3728	3732	3736	3740	3744	3748	3752
60	3756	3760	3764	3768	3772	3776	3780	3784	3788	3792
61	3796	3800	3804	3808	3812	3816	3820	3824	3828	3832
62	3836	3840	3844	3848	3852	3856	3860	3864	3868	3872
63	3876	3880	3884	3888	3892	3896	3900	3904	3908	3912
64	3916	3920	3924	3928	3932	3936	3940	3944	3948	3952
65	3956	3960	3964	3968	3972	3976	3980	3984	3988	3992
66	3996	4000	4004	4008	4012	4016	4020	4024	4028	4032
67	4036	4040	4044	4048	4052	4056	4060	4064	4068	4072
68	4076	4080	4084	4088	4092	4096	4100	4104	4108	4112
69	4116	4120	4124	4128	4132	4136	4140	4144	4148	4152
70	4156	4160	4164	4168	4172	4176	4180	4184	4188	4192
71	4196	4200	4204	4208	4212	4216	4220	4224	4228	4232
72	4236	4240	4244	4248	4252	4256	4260	4264	4268	4272
73	4276	4280	4284	4288	4292	4296	4300	4304	4308	4312
74	4316	4320	4324	4328	4332	4336	4340	4344	4348	4352
75	4356	4360	4364	4368	4372	4376	4380	4384	4388	4392
76	4396	4400	4404	4408	4412	4416	4420	4424	4428	4432
77	4436	4440	4444	4448	4452	4456	4460	4464	4468	4472
78	4476	4480	4484	4488	4492	4496	4500	4504	4508	4512
79	4516	4520	4524	4528	4532	4536	4540	4544	4548	4552
80	4556	4560	4564	4568	4572	4576	4580	4584	4588	4592
81	4596	4600	4604	4608	4612	4616	4620	4624	4628	4632
82	4636	4640	4644	4648	4652	4656	4660	4664	4668	4672
83	4676	4680	4684	4688	4692	4696	4700	4704	4708	4712
84	4716	4720	4724	4728	4732	4736	4740	4744	4748	4752
85	4756	4760	4764	4768	4772	4776	4780	4784	4788	4792
86	4796	4800	4804	4808	4812	4816	4820	4824	4828	4832
87	4836	4840	4844	4848	4852	4856	4860	4864	4868	4872
88	4876	4880	4884	4888	4892	4896	4900	4904	4908	4912
89	4916	4920	4924	4928	4932	4936	4940	4944	4948	4952
90	4956	4960	4964	4968	4972	4976	4980	4984	4988	4992
91	4996	5000	5004	5008	5012	5016	5020	5024	5028	5032
92	5036	5040	5044	5048	5052	5056	5060	5064	5068	5072
93	5076	5080	5084	5088	5092	5096	5100	5104	5108	5112
94	5116	5120	5124	5128	5132	5136	5140	5144	5148	5152
95	5156	5160	5164	5168	5172	5176	5180	5184	5188	5192
96	5196	5200	5204	5208	5212	5216	5220	5224	5228	5232
97	5236	5240	5244	5248	5252	5256	5260	5264	5268	5272
98	5276	5280	5284	5288	5292	5296	5300	5304	5308	5312
99	5316	5320	5324	5328	5332	5336	5340	5344	5348	5352
100	5356	5360	5364	5368	5372	5376	5380	5384	5388	5392

Tabelle zur Umrechnung der gemessenen μ -Werte in Vickershärten H_V

Außer der Frage der Medikamentenwirkung nach diesen umfassenden Rechnungen noch viele andere Ergebnisse ermittelt werden.

Im folgenden sind die Ergebnisse zusammengestellt:

1) Alle Medikamente zeigen eine entmineralisierende Wirkung.

Mittelwerte:	Leer	$56,47 \mu = 58,3 H_V$
	Calcinase	$60,85 \mu = 50,1 "$
	Verifix	$61,93 \mu = 48,4 "$
	EDTAC	$60,83 \mu = 50,2 "$

2) Die Härte des Wurzelkanalodontins ist in den verschiedenen Lebensaltern nicht gleich. Bei älteren Zähnen (über 45 J.) weist es eine geringere Härte auf als bei den Zähnen jüngeren und mittleren Alters.

3) Es bestehen statistisch gesicherte Unterschiede zwischen den Einwirkungszeiten der Substanzen.

Nach 24 Stunden ist der Entmineralisationsgrad größer als nach 15 Minuten.

4) Die Härte des Dentins an Eingang, Mitte und Apex des Wurzelkanals ist verschieden. Eingang und Apex sind gleich, die Mitte ist härter.

5) Es bestehen Unterschiede der Härte des Dentins in verschiedenen Abständen vom Wurzelkanal. Die Härte des Dentins nimmt kontinuierlich zementwärts zu.

Da die Faktoren sich gegenseitig beeinflussen, sind die Ergebnisse 1) - 5) nicht im einzelnen voll gültig, sondern nur als Gesamtaussage. Die z.B. unter 3) gemachte Feststellung, daß der Entmineralisationsgrad nach 24 Stunden größer ist als nach 15 Minuten, trifft für EDTAC nicht zu; bei dieser Substanz ist die Wirkung nach 24 Std. nicht besser. Diese Erscheinung, Wechselwirkung genannt, besagt also, daß Gesamtaussagen nicht generell gelten, sondern daß sich die einzelnen Faktoren in Abhängigkeit voneinander anders verhalten.

Auf den nachfolgenden Tabellen werden Unterschiede aufgezeigt, die nicht von praktischer Bedeutung sind, die aber signifikante Wechselwirkungen zeigen.

1. Medikament - Abstand

a) 15 Minuten

	50 μ	100 μ	200 μ	500 μ
Leer	59.02	57,24	55.88	53.73
Calc.	63.93	60.15	57.58	54.75
Verif.	67.44	62.64	59.22	55.53
EDTAC	66.32	61.98	59.12	54.96

Aus der Tabelle ist zu ersehen:

- 1) Alle Substanzen zeigen schon nach 15 Minuten eine entmineralisierende Wirkung bis 500 μ Abstand vom Wurzelkanal.

- 2) In allen vier Abständen hat Verifix die stärkste Wirkung, als nächstes folgt EDTAC, während Calcinase immer die schwächste Wirkung zeigt.

b) 24 Stunden

	50 μ	100 μ	200 μ	500 μ
Leer	59,02	57.24	55.88	53.73
Calcinase	67.10	63.48	61.02	58.79
Verifix	67.99	64.11	61.08	57.44
EDTAC	66,34	62.44	59.64	55.81

- 1) Calcinase und Verifix zeigen absolut nach 24 Stunden eine stärkere Wirkung als nach 15 Minuten.
- 2) EDTAC zeigt nach 24 Stunden keinen größeren Entmineralisationsgrad als nach 15 Minuten und ist von allen 3 Medikamenten in allen vier Abständen das schwächste.
- 3) in 50 μ , 100 μ , 200 μ , Abstand hat Verifix die größte Entmineralisationskraft nach 24 Stunden, vor Calcinase und EDTAC; in 500 μ Abstand ist dagegen Calcinase deutlich wirkungsvoller.

2. Medikament - Alter

	C	B	A
Leer	58.08	55.72	55.60
Calcinase	61.49	60.79	60.27
Verifix	61.84	61.43	62.53
EDTAC	61.74	60.25	60.45

- 1) Aus der Tabelle ist ersichtlich, daß im Leerversuch das Wurzelkanalidentin der Gruppe C. (45 J.u.älter) nicht die Härte aufweist von A und B.

- 2) Verifix hat bei allen Altersklassen die stärkste Wirkung.
- 3) Calcinase ist in Gruppe A und C am schwächsten, in der Altersgruppe B gibt es bei EDTAC jedoch noch kleinere Eindrücke.

3. Medikament - Ort

a) 15 Minuten

	Eingang	Mitte	Apex
Leer	57.20	54.31	57.90
Calcinase	60.57	57.08	59.66
Verifix	61.90	58.83	62.88
EDTAC	61.95	58.92	60.96

- 1) Aus dem Leerversuch ist ersichtlich, daß die Härte des Dentins in der Mitte der Wurzel größer ist als an Eingang, und Apex des Wurzelkanals.
- 2) Die Komplexbildner Calcinase und EDTAC erreichen wegen des engeren Wurzelkanals am Apex in 15 Minuten nicht die gleichstarke Wirkung wie am Eingang.
- 3) Verifix demineralisiert am Apex am stärksten; EDTAC zeigt an Eingang und Mitte die höchsten Werte, während Calcinase an allen 3 Orten am wenigsten entkalkt.

b) 24 Stunden

	Eingang	Mitte	Apex
Leer	57.20	54.31	57.90
Calcinase	63.35	60.24	64.21
Verifix	63.51	60.62	63.84
EDTAC	62.33	58.78	62.06

- 1) Calcinase und Verifix haben nach 24 Stunden auch am Apex einen guten Entmineralisations-effekt.
- 2) Verifix entkalkt an allen 3 Orten im Verhältnis zum Leerwert gleichstark.
- 3) Die schwächste Wirkung der Medikamente nach 24 Stunden zeigt EDTAC. Verifix ist an Eingang und Apex das stärkste Medikament, jedoch wechselt die Wirkung am Apex, und Calcinase demineralisiert dort stärker.

4. Alter - Ort

	Eingang	Mitte	Apex
C (üb.45 J.)	62.43	58.67	61.32
B (25-45 J.)	60.01	58.13	60.49
A (bis 25.J.)	60.54	56.87	61.73

- 1) Bei allen Altersgruppen ist das Wurzelkanalidentin in der Mitte härter als an Eingang und Apex.
- 2) Die Altersgruppe C ist an Eingang und Mitte am stärksten entkalkt; am Apex zeigt Gruppe A die geringste Härte; Gruppe B ist an Eingang und Apex am härtesten.

5. Alter - Abstand

	50 μ	100 μ	200 μ	500 μ
C	65.75	62.06	59.81	55.63
B	64.41	60.57	58.00	55.22
A	63.76	60.86	58.25	55.96

- 1) Bei allen Altersgruppen erkennen wir eine kontinuierliche Zunahme der Härte zementwärts.

- 2) Gruppe C hat in 50 μ , 100 μ , 200 μ , die geringste Härte, in 500 μ Abstand zeigen die Medikamente bei Gruppe A die größte Entmineralisationswirkung. Gruppe A ist in 50 μ und Gruppe B in 100 μ , 200 μ und 500 μ am wenigsten entkalkt worden.

6. Ort - Abstand

	50 μ	100 μ	200 μ	500 μ
Eingang	67.27	62.97	59.87	53.89
Mitte	62.36	59.27	56.68	53.25
Apex	64.31	61.25	59.52	59.64

- 1) Am Eingang hat das Dentin in 50 μ Abstand die geringste Härte; sie nimmt dann aber zementwärts bis 500 μ stark zu.
- 2) In der Mitte ist das Dentin in allen Abständen am härtesten im Vergleich zu Eingang und Apex.
- 3) Am Apex finden wir die geringste Zunahme der Härte.
- 4) Am Eingang wurde in den Abständen 50 μ , 100 μ und 200 μ das Dentin am meisten entkalkt. Am Apex wurde bei 500 μ die geringste Härte vor dem Eingang und der Mitte ausgemessen.

In einem Nebenversuch wurden Zähne der Altersgruppe B (25 - 45 J.) mit Königswasser behandelt.

Wir kamen zu folgenden Ergebnissen:

a) nach 15 Minuten

	50 μ	100 μ	200 μ	500 μ
Leer	58.30	56.34	55.04	53.21
Königswasser	80.82	67.63	64.17	62.16
Calcinase	64.41	60.56	58.88	54.84
Verifix	67.64	62.75	58.36	54.80
EDTAC	65.97	61.74	58.77	54.67

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass Königswasser als starke anorganische Säure in allen Abständen eine bedeutend stärkere Entmineralisationswirkung hat als alle organischen Substanzen.

b) nach 24 Stunden

	50 μ	100 μ	200 μ	500 μ
Leer	58.30	56.34	55.04	53.21
Königswasser	79.96	71.59	66.72	60.29
Calcinase	66.59	62.00	59.17	59.85
Verifix	68.07	63.82	60.42	55.51
EDTAC	65.96	60.94	58.32	55.65

Königswasser zeigt keine stärkere Wirkung als nach 15 Minuten. Calcinase zeigt gemeinsam mit Königswasser die größte Erweichung in 500 μ Abstand.

IV. Diskussion

Bei Betrachtung der Tabellen der vorhergehenden Seiten wird deutlich, daß alle untersuchten Wurzelkanalaufbereitungsmittel eine entkalkende, entmineralisierende Wirkung zeigen. Sogar schon nach 15 Minuten wurde eine Entkalkung der Dentinmantelzone bis 500 μ Abstand vom Wurzelkanal gemessen. Nach 24 Stunden kann aber auch darüber hinaus noch eine Wirkung erwartet werden. Es scheint verwunderlich, daß EDTAC innerhalb von 24 Stunden Einwirkungszeit keinen höheren Entmineralisationsgrad erreicht als nach 15 Minuten, ist aber wohl teils damit zu erklären, daß nämlich alle eingebrachten EDTAC - Moleküle in den ersten 15 Minuten schon je ein Ca^{++} -Ion binden und dadurch ihre Bindungsfähigkeit verlieren. Dazu im Gegensatz steht das Dinatriumsalz der EDTA, Calcinase, das wahrscheinlich langsamer reagiert, da bei ihm nach 15 Minuten kein so großer Entmineralisationserfolg vorliegt wie beim EDTAC, das aber das EDTAC nach 24 Stunden übertrifft. Nester kam bei seinen Untersuchungen auch zu dem Ergebnis, daß das freie EDTA gegenüber seinen Salzen die schwächste Wirkung hat. Verifix steigert in 24 Stunden seine Diffusionsweite, hat aber auch schon nach 15 Minuten den stärksten Wirkungsgrad aller drei Substanzen zu verzeichnen. Sämtliche Versuche wurden an frisch extrahierten Zähnen durchgeführt; dies geschah unter Bedingungen, die es erlauben, alle Ergebnisse auch klinisch voll gelten zu lassen. Die Zähne befanden sich bis zu Ihrer Verwendung in 3%iger wässriger Formalinlösung, so daß sie weder austrocknen konnten, noch irgendeine Änderung ihrer chemischen Zusammensetzung erfuhren.

Während der Versuche wurden sie in einem Brutschrank bei 37°C aufbewahrt. Es ist nicht zu befürchten, daß die Substanzen Schädigungen des Parodontiums oder der Gingiva nach sich ziehen, da sie einen physiologischen pH-Wert von 7,0 - 7,2 besitzen und deshalb das Gewebe nicht reizen. Da dies aber bei Königswasser, das einen stark sauren pH von 1-2 hat, der Fall ist, ist es, obwohl es nach unseren Versuchen den stärksten Entmineralisationseffekt hat, abzulehnen.

Die Tatsache, daß bei Zähnen der Gruppe C (über 45 Jahre) besonders am Eingang eine geringere Härte als bei jüngeren Zähnen gemessen wurde, ist vielleicht dadurch zu erklären, daß die Bildung von Sekundärdentin schon fortgeschritten ist; die unregelmäßige Struktur des Sekundärdentins bedingt eine geringere Festigkeit und Härte. Dagegen ist es unerklärlich, daß bei allen gemessenen Zähnen das Wurzelkanalentin der Mitte höhere Härtewerte zeigt.

Die vorgenannten Ergebnisse lassen die Schlußfolgerung zu, daß die untersuchten Mittel zur Unterstützung einer Wurzelbehandlung positiv bewertet werden müssen. In unseren Versuchen wurden jeweils 0,03 ml (das entspricht 1 Tropfen aus einer Mikropipette) appliziert. Bei mehrmaliger Erneuerung der Substanz während einer Sitzung würden gewiß größere Entmineralisationsgrade erreicht werden. Für eine Behandlung in einer Sitzung wäre nach unseren Ergebnissen Verifix und EDTAC der Vorzug zu geben, während bei einer Fortführung der Aufbereitung am nächsten Tag in der Zwischenzeit das Liegenlassen von Calcinase oder Verifix den größten Erfolg bringt; EDTAC zeigt nach 24 Stunden keine größere Wirksamkeit als schon nach 15 Minuten.

Wenn das geringste Lumen vorhanden ist, in das die Flüssigkeit mittels Millernadeln eingepumpt werden kann, so wird eine Wirkung erzielt. Eine Hedströmfeile der Nr.1 hat an ihrer Spitze (nach eigenen Messungen) einen Durchmesser von $9,5\ \mu$, in der Mitte von $50\ \mu$; wenn wir die Eindringtiefen in unseren Versuchen betrachten und dann berücksichtigen, daß nach mehrmaligem Wechsel der Substanz eine höhere Entmineralisation zu erwarten ist, so kann die praktische Bedeutung der chemischen Aufbereitung nicht geleugnet werden.

Es muß an Hand der in dieser Arbeit gewonnenen Ergebnisse die Möglichkeit der chemischen Aufbereitung von Wurzelkanälen als Unterstützung der mechanischen Methode befürwortet werden. Wir haben in den untersuchten Substanzen Mittel zur Verfügung, die uns die oftmals nur sehr mühselige mechanische Erweiterung der Wurzelkanäle zum Zwecke einer exakten Wurzelbehandlung erleichtern können. Es wird zwar das Wurzelkanallumen nicht selbsttätig erweitert, sondern nur das pulpennahe randständige Dentin erweicht, ohne jedoch das gesamte Wurzeldentin zu destruieren.

Auf die Methode der mechanischen Aufbereitung wird nicht verzichtet werden können, jedoch als Hilfe und (bei sehr engen Kanälen) zur Einleitung der mechanischen Aufbereitung wird für eine gewissenhafte Wurzelbehandlung die chemische Wurzelkanalaufbereitung berechtigt und erfolgversprechend sein.

V. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde die Wirkung von drei chemischen Wurzelkanalaufbereitungsmitteln untersucht. Um den Entkalkungs- bzw. Entmineralisationsgrad durch diese Substanzen (Calcinase, Verifix und EDTAC) objektiv zu messen, hielten wir das Härtemeßverfahren nach Vickers mit dem Kleinhärteprüfer "Durimet" für die geeignetste Methode. Wir untersuchten bei frisch extrahierten Zähnen an verschiedenen Orten (Wurzelkanaleingang-, mitte, -spitze) und unterschiedlichen Abständen vom Wurzelkanal (50 μ , 100 μ , 200 μ , 500 μ) die Eindringtiefe in Dentin und die Entmineralisation. Es wurden Leerversuche mit unbehandelten Zähnen durchgeführt, mit denen die gefundenen Werte verglichen wurden, was mit Hilfe der statistischen Methode der Varianzanalyse geschah. Die Untersuchungsobjekte wurden in drei Altersgruppen eingeteilt. Die Einwirkungsdauer der Substanzen betrug 15 Minuten (entspricht der Behandlung in 1 Sitzung) und in einer anderen Versuchsreihe 24 Stunden (entspricht der Weiterbehandlung am nächsten Tag). Es wurden insgesamt 208 Zähne untersucht, bei denen ca. 4.900 Eindrücke gesetzt wurden, so daß die Anzahl der Messungen ca. 9.800 betrug, da bei jedem Eindruck beide Diagonalen gemessen werden.

Wir kamen zu dem Ergebnis, daß, falls die Wurzelkanäle für dünnste Nadeln durchgängig sind, alle drei untersuchten Substanzen nach 15 Minuten eine entmineralisierende Wirkung zeigen, die nach 24 Stunden außer bei EDTAC größer ist. In einem Nebenversuch wurde die starke Entmineralisationswirkung von Königs-

wasser (1 Vol.konz. HNO_3 + 3 Vol.konz. HCl) bestätigt. Königswasser ist aber wegen des stark sauren pH-Wertes von 1 - 2 als Wurzelkanalaufbereitungsmittel abzulehnen.

Calcinase, Verifix und EDTAC zeigen eine gute, statistisch gesicherte Entmineralisationswirkung und können als Adjuvans bei der mechanischen Aufbereitung von Wurzelkanälen die Wurzelbehandlung erheblich erleichtern und die dafür aufzuwendende Zeit verkürzen.

VI. Literaturverzeichnis

- 1) Biber, D.: Der Einfluß des Fluors auf die physikalischen Eigenschaften der Zahnhartsubstanz.
Med.Diss. Mainz, 1959, S.19-29
- 2) Blum, H.: Verschiedene Methoden der Wurzelkanalreinigung.
Dtsch.Zahnärztl.Wschr. 1922
H. 34-36; 410, 438
- 3) Bruckner, S.: Experimentelle Untersuchungen über die Härte der Wurzelkanalwand und der Dentinmantelzone.
Med.Diss. Mainz, 1959, S. 3
- 4) Eggers-Lura, H.: Die Metallchelatierung und ihre Bedeutung für die künftige Kariesforschung.
DZZ, 11, I, H.10, 543-551, 1956
- 5) van der Fehr, F.
u. Östby, B.N.: Die Wirkung von EDTAC und Schwefelsäure auf Wurzelkanalentin.
Quintessenz 1963, H.6,
Referat Nr. 2141
- 6) Häupl, K.: Lehrbuch der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde.
Band II, S. 515, 1955
- 7) Haunfelder, D.: Instrumente und Methoden zur Aufbereitung des Wurzelkanals.
Dtsch.Zahnärztekalendar 1958

- 8) Leitz, E.: Anleitung zum Arbeiten mit dem Kleinhärteprüfer Durimet. Druck E.Leitz GmbH, Wetzlar 1959
- 9) Mayer, A.: Zur Behandlung der Pulpitis. DZZ, 10, H.10, 767, 1955
- 10) Nester, W.: Über die Möglichkeiten der chemischen Aufbereitung von Wurzelkanälen mittels EDTA. Med.Diss. Berlin 1958, S. 1-9, 16, 41-43
- 11) Nikiforuk, G.
u. Sreebny, L.: Demineralization of hard tissues by organic chelating agents at neutral pH. J.D.Res. 32, 859, 1953
- 12) Östby, B.N.: Chelation in root canal therapy. Odontologisk Tidskrift Oslo, 65, 1957, 1,3
- 13) Preiswerk, G.: Lehrbuch und Atlas der konservierenden Zahnheilkunde. München 1912, 312-332
- 14) Rohrer, A.: Hygienische Grundfragen in der konservierenden Zahnheilkunde. Zahnärztl.Rundschau, H.37, 1922 S. 549
- 15) Scherbel, H.: Zur Frage der Wurzelbehandlung. Zahnärztl.Rundschau, H. 25-26 S. 197-198, 1923
- 16) Schwarz-Schenk: Chemisches Praktikum 1960, 49

- 17) Sintenis, C.: Experimentelle Beiträge zur Wurzelbehandlung mit Säuren.
Dtsch.Monatsschrift f.Zahnheilk
43, S. 609-630, 1925
- 18) Türkheim, H.: Untersuchungen über Wurzelbehandlung.
Dtsch.Monatsschrift f.Zahnheilk.
H.9, 1922, 257
- 19) Wallau-Giloi, S.: Vergleichende Untersuchungen über die Härte des Schmelzes.
Med.Diss. Mainz 1962, S. 29
- 20) Wandelt, S.: Eine kritische Betrachtung zur Aufbereitung von Wurzelkanälen mit Komplexbildnern.
DZZ, 16, H. 2, 1961, 81
- 21) Wandelt, S.: Über die Wirkung von Chelatoren.
DZZ, 14, H.17, 1255, 1959
- 22) Wandelt, S.: Das Chelat-Phänomen als möglicher Faktor in der Kariesätiologie.
Med.Diss. Berlin 1958
- 23) Dixon, U.J.: BMD Biomedical Compute Programs
S. 495
Health Sciences Computing Facility,
Departement of Preventive Medicine
and Public Health
University of Los Angeles
Januar 1964.

An dieser Stelle möchte ich meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. J. Kluczka, für die freundliche Überlassung des Themas und seine wertvollen Anregungen meinen herzlichsten Dank aussprechen.

Gleichzeitig gilt mein Dank Herrn Dr. J. Dudeck vom Institut für medizinische Statistik und Dokumentation (Direktor: Prof. Dr.Dr. S. Koller) für seine liebenswürdige Unterstützung bei der Durchführung der statistischen Berechnungen.

Der Firma M. Woelm, Fabrik medizinisch-pharmazeutischer Präparate, Eschwege, sei ebenfalls gedankt für die freundliche Überlassung des Versuchspräparates "Verifix".

Lebenslauf

Am 11. Juli 1938 wurde ich, Herbert Rohlfing, als Sohn des städtischen Verwaltungsdirektors Heinrich Rohlfing und seiner Ehefrau Gertrud, geb. Korbach in Gelsenkirchen geboren.

Nach 4-jähriger Grundschulzeit in Minden in Westfalen (während der Evakuierung) und in Gelsenkirchen-Buer wechselte ich auf das dortige Max-Planck-Gymnasium und legte am 6. März 1959 die Reifeprüfung ab.

Vom 1. April 1959 bis zum 30. März 1960 diente ich als Wehrpflichtiger bei der Bundeswehr in Stade (Elbe) und in Oldenburg.

Im Mai 1960 immatrikulierte ich mich an der Universität Mainz zum Studium der Zahnheilkunde. Im Oktober 1962 bestand ich die zahnärztliche Vorprüfung in Mainz.

Nach 5 klinischen Semestern in Mainz legte ich im Sommersemester 1965 das zahnärztliche Staatsexamen mit gutem Erfolg ab.

